

# JURNAL TEKNIK SIPIL

**Studi Hubungan Arus Lalu Lintas Di Ruas Jalan Rungkut Asri  
Kota Madya Surabaya Dengan Metode Underwood**  
( *Hendrata Wibisana* )

**Analisis *Resources Leveling* Tenaga Kerja**  
( *Yohanes Lim Dwi Adianto, Dhimas Lazuhardy Putro* )

**Kajian Balok Beton *Styrofoam* Ringan Dengan Tulangan Menyebar**  
( *Arusmalem Ginting* )

**Studi Prosedur Pelelangan Pengadaan Jasa Konsultan Pada  
Proyek Pemerintah Menurut KEPPRES No. 80 Tahun 2003**  
( *Maksum Tanubrata, Merianti Elisabeth Hutagalung* )

**Kajian *Sick Building Syndrome* ( Studi Kasus: *Sick Building Syndrome* pada Gedung "X" di Jakarta)**  
( *Rini Iskandar* )

**Tinjauan Kepuasan Pelanggan Terhadap Kualitas Pelayanan  
Parkir *Basement* di Pusat Perbelanjaan Bandung *Supermall***  
( *Tan Lie Ing, Arie Hadian Yanuardi* )

**Model Plastisitas Mohr-Coulomb, Drucker-Prager, Cam-Clay,  
dan Cap Berdasarkan Konsep *Critical State***  
( *Andrias Suhindra Nugraha* )

J. Tek.Sipil	Vol. 3	No. 2	Hlm.103-203	Bandung, Oktober 2007	ISSN 1411-9331
--------------	--------	-------	-------------	-----------------------------	-------------------



# JURNAL TEKNIK SIPIL

## FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA

**Jurnal Teknik Sipil** adalah jurnal ilmiah jurusan teknik sipil Universitas Kristen Maranatha yang diterbitkan 2 kali setahun pada bulan April dan Oktober. Pertama kali terbit bulan Oktober 2003. Tujuan penerbitan adalah sebagai wadah komunikasi ilmiah dan juga penyebarluasan hasil penelitian, studi literatur dalam bidang teknik sipil atau ilmu terkait. Bila pernah dipresentasikan pada seminar agar diberi keterangan lengkap.

<b>Pelindung</b>	: Rektor Universitas Kristen Maranatha
<b>Penanggung Jawab</b>	: Dekan Fakultas Teknik Universitas Kristen Maranatha
<b>Pemimpin Redaksi</b>	: Yosafat Aji Pranata, ST., MT.
<b>Ketua Dewan Penyunting</b>	: Ir. Maksum Tanubrata, MT.
<b>Penyunting Pelaksana</b>	: Anang Kristianto, ST., MT. Andrias Suhendra Nugraha, ST., MT. Ir. Budi Hartanto Susilo, M.Sc. Ir. Herianto Wibowo, M.Sc. Robby Yussac Tallar, ST., MT.
<b>Desain Visual dan Editor</b>	: Aldrin Boy
<b>Sekretariat dan Sirkulasi</b>	: Dra. Dorliana, Kristianto
<b>Alamat Redaksi</b>	: Sekretariat Jurnal Teknik Sipil Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha Jl. Prof. drg. Suria Sumantri MPH. No. 65 Bandung 40164 Tel. 022 - 2012186 ext. 219, 212 Fax. 022 - 2017622
<b>E-mail</b>	: jurnal_ts@eng.maranatha.edu, atau jurnaltsukm@gmail.com
<b>Penerbit</b>	: Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha Jl. Prof. drg. Suria Sumantri MPH. No. 65 Bandung 40164



# JURNAL TEKNIK SIPIL

FAKULTAS TEKNIK UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA

## DAFTAR ISI :

<b>Studi Hubungan Arus Lalu Lintas Di Ruas Jalan Rungkut Asri Kota Madya Surabaya Dengan Metode Underwood</b> ( <i>Hendrata Wibisana</i> )	103-112
<b>Analisis <i>Resources Leveling</i> Tenaga Kerja</b> ( <i>Yohanes Lim Dwi Adiinto, Dhimas Lazuhardy Putro</i> )	113-126
<b>Kajian Balok Beton <i>Styrofoam</i> Ringan Dengan Tulangan Menyebarkan</b> ( <i>Arusmalem Ginting</i> )	127-140
<b>Studi Prosedur Pelelangan Pengadaan Jasa Konsultan Pada Proyek Pemerintah Menurut KEPPRES No. 80 Tahun 2003</b> ( <i>Maksum Tanubrata, Merianti Elisabeth Hutagalung</i> )	141-157
<b>Kajian <i>Sick Building Syndrome</i> ( Studi Kasus: <i>Sick Building Syndrome</i> pada Gedung "X" di Jakarta)</b> ( <i>Rini Iskandar</i> )	158-173
<b>Tinjauan Kepuasan Pelanggan Terhadap Kualitas Pelayanan Parkir <i>Basement</i> di Pusat Perbelanjaan Bandung <i>Supermall</i></b> ( <i>Tan Lie Ing, Arie Hadian Yanuardi</i> )	174-193
<b>Model Plastisitas Mohr-Coulomb, Drucker-Prager, Cam-Clay, dan Cap Berdasarkan Konsep <i>Critical State</i></b> ( <i>Andrias Suhindra Nugraha</i> )	194- 203

# STUDI HUBUNGAN ARUS LALU LINTAS DI RUAS JALAN RUNGKUT ASRI KOTA MADYA SURABAYA DENGAN METODE UNDERWOOD

**Hendrata Wibisana**

Dosen Jurusan Teknik Sipil FTSP,  
Universitas Pembangunan Nasional “Veteran”, Jawa Timur.  
E-mail: hw00198@yahoo.com

## ABSTRAK

Karakteristik dari arus lalu lintas dapat dipelajari dan dianalisis dengan menggunakan beberapa metode. Pada penelitian ini salah satu metode yang digunakan adalah Metode Underwood yang menyatakan bahwa hubungan matematis dari arus dan kerapatan merupakan fungsi logaritmik. Dari hasil pengolahan data arus lalu lintas pada ruas jalan Rungkut Asri di kotamadya Surabaya, berdasarkan metode Underwood dan pengolahan grafik dengan Regresi linier diperoleh nilai Sff (kecepatan pada kerapatan terendah) diperoleh sebesar 85,357 km/jam dan nilai Dj (kerapatan tertinggi) diperoleh sebesar 66,67 (smp/km). Volume maksimum diperoleh pada kondisi kepadatan  $D = 33,335$  smp/km yang bergerak dengan kecepatan  $S = 43,678$  km/jam. Model matematis diperoleh sebagai berikut:  $\ln.S = 4,47 - 0,015 D$ ;  $V = 87,357 D.e^{(-0,015D)}$ ;  $V = 447 S - 66,67 S \ln.S$

**Kata Kunci:** Metode Underwood, *Speed vehicles*, *Traffic flow*, *Density of traffic*.

## ABSTRACT

Characteristic from the traffic flow could be learn and analysis using several methods. In this research one of the methods is Underwood Methods, where the method is says that there is mathematical correlation between the volume and density of traffic. And the correlation according Underwood is a logarithmic function. From the calculation of the traffic flow at the Rungkut Asri road in Surabaya city. Base on the Underwood and the graphic manipulation with linier regression has the result where is point of Sff is a 85,357 km/hr and Dj has a volume 66,67 vpu/km. Maximum volume could be reach in condition volume the density of traffic  $D = 33,335$  vpu/km that moving with velocity  $S = 43,678$  km/hr. Mathematical models can be presented with this equation like:  $\ln.S = 4,47 - 0,015.D$  and  $V = 87,357.D.e^{(-0,015D)}$  and  $V = 447.S - 66,67.S \ln.S$ .

**Keywords:** Underwood Methods, Speed vehicles, Traffic flow, Density of traffic.

## 1. PENDAHULUAN

Pembangunan ruas jalan sebagai salah satu bentuk komitmen pemerintah dalam pembangunan infrastruktur secara menyeluruh dimaksudkan sebagai penyedia sarana transportasi yang memudahkan masyarakat setempat untuk berinteraksi dengan lingkungan sekitarnya, baik dalam bidang sosial, ekonomi maupun budaya. Sebagai salah satu sarana transportasi darat ,jalan raya dimaksudkan untuk dipergunakan sebagai akumulasi berbagai kendaraan bermotor maupun kendaraan tak bermotor. Dan dalam hal ini jumlah atau volume dari kendaraan yang melintasi jalan tersebut tergantung kepada parameter yang ada yang menimbulkan “bangkitan pergerakan”. Menurut Tamin (Tamin, 2003), tujuan dasar

bangkitan pergerakan adalah menghasilkan model hubungan yang mengkaitkan parameter tata guna lahan dengan jumlah pergerakan yang menuju ke suatu zona atau jumlah pergerakan yang meninggalkan suatu zona. Jumlah pergerakan dapat dikaitkan dengan kerapatan arus lalu lintas pada suatu ruas jalan. Kerapatan dapat diyakini berkorelasi dengan kecepatan kendaraan serta volume kendaraan yang terjadi per kilometer ruas jalan.

Penelitian ini dimaksudkan untuk mencari model korelasi antara volume kendaraan, arus dan kecepatan kendaraan pada suatu ruas jalan. Ruas jalan yang diteliti pada area Rungkut Asri. Pemilihan ini didasari oleh observasi awal dimana pada ruas jalan ini sering terjadi kemacetan, volume kendaraan yang meningkat pada jam-jam tertentu, serta belum ada suatu studi yang memodelkan korelasi arus dan kepadatan pada ruas jalan ini.

Tujuan dari penelitian ini antara lain:

1. Menghitung berapa Nilai Sff dan kepadatan maksimum ( $D_{maks}$ ).
2. Mencari model matematis antara Kecepatan-Kepadatan, Volume-Kecepatan dan Volume-Kepadatan
3. Menentukan berapa kapasitas (volume maksimum) dan pada kondisi yang bagaimana Volume maksimum terjadi pada ruas jalan tersebut

## 2. TINJAUAN PUSTAKA

Karakteristik arus lalu lintas pada suatu area menarik untuk diteliti dan dianalisis, dimana hasil yang diperoleh dapat merepresentasikan kondisi dari ruas jalan yang ada. Dalam hal ini dikenal ada 3 parameter yang utama yaitu:

1. Arus (volume) lalu lintas
2. Kerapatan (densitas) lalu lintas
3. Kecepatan (*speed*) lalu lintas

Menurut Tamin karakteristik ini dapat dipelajari dengan suatu hubungan matematik di antara ketiga parameter di atas yaitu kecepatan, arus dan kerapatan lalu lintas pada ruas jalan.

Hubungan matematis tersebut dapat dinyatakan dalam Persamaan 1.

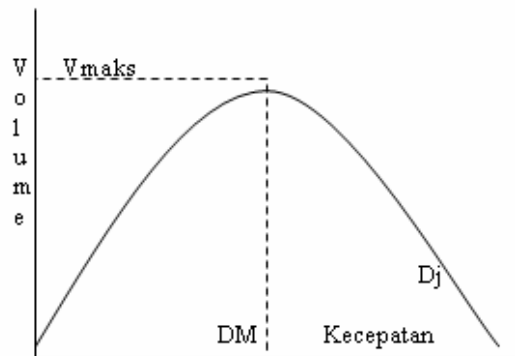
$$V = D \cdot S \quad (1)$$

dimana:  $V$  = arus

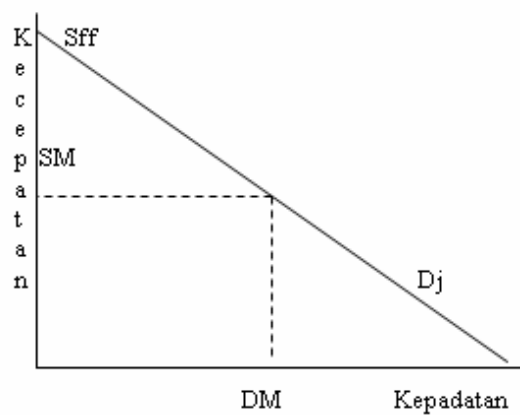
$D$  = kepadatan

$S$  = kecepatan

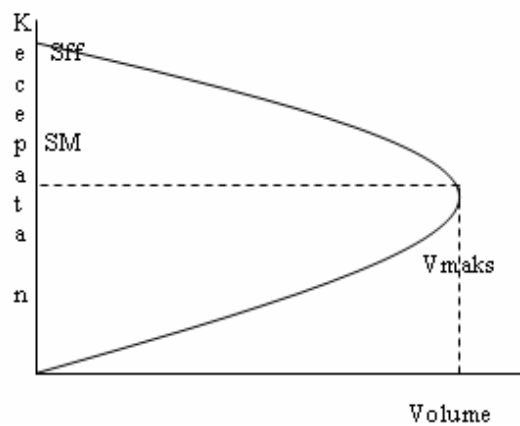
Hubungan di atas bila dijelaskan dalam Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3.



**Gambar 1. Kecepatan Vs Volume**



**Gambar 2. Kepadatan Vs Kecepatan**



**Gambar 3. Volume vs Kecepatan**

Keterangan Gambar 1, Gambar 2, dan Gambar 3 sebagai berikut:

- VM = kapasitas atau arus maksimum (kendaraan /jam)
- SM = kecepatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum ( km/jam)
- DM = kepadatan pada kondisi arus lalu lintas maksimum ( kendaraan/ km)
- Dj = kepadatan pada kondisi arus lalu lintas macet total ( kendaraan/ km )

Penurunan Model yang dapat menyatakan atau merepresentasikan hubungan antara Kerapatan dan Kecepatan ada 3 yaitu:

1. Model Greenshield
2. Model Greenberg
3. Model Underwood

Pada penelitian ini hanya akan dibahas model yang ketiga yaitu model Underwood dan rute yang diambil sebagai sample adalah ruas jalan utama Rungkut Asri Kodya Surabaya dengan jumlah pengukuran sebanyak 22.

## 2.1 Model Underwood

Underwood mengasumsikan bahwa hubungan matematis antara kecepatan dan kepadatan bukan merupakan fungsi linier melainkan fungsi “logaritmik”.

Persamaan dasar model underwood dapat dinyatakan melalui persamaan :

$$S = S_{ff} \cdot e^{\frac{D}{D_m}} \quad (2)$$

dimana :  $S_{ff}$  = kecepatan arus bebas

$D_m$  = kerapatan pada kondisi arus maksimum (kapasitas ).

Jika Persamaan 2 di atas dinyatakan dalam bentuk logaritma natural, maka Persamaan 2 dapat dinyatakan kembali sebagai Persamaan 3 dan Persamaan 4, sehingga hubungan matematis antara Kecepatan-Kerapatan selanjutnya juga dapat dinyatakan dalam Persamaan 4.

$$\ln. S = \ln. S_{ff} + \ln. e^{\frac{D}{D_m}} \quad (3)$$

$$\ln. S = \ln. S_{ff} + \frac{D}{D_m} \quad (4)$$

Selanjutnya hubungan matematis antara Arus–Kecepatan dapat diturunkan dengan menggunakan Persamaan 1, dan dengan memasukkan Persamaan 5.

$$S = \frac{V}{D} \quad (5)$$

Persamaan apabila dimasukkan ke persamaan (2), diperoleh dan diturunkan persamaan selanjutnya dalam bentuk persamaan (6) dan persamaan (7) :

$$\frac{V}{D} = Sff \cdot e^{\frac{D}{Dm}} \quad (6)$$

$$V = D \cdot Sff \cdot e^{\frac{D}{Dm}} \quad (7)$$

Persamaan (7) adalah persamaan yang menyatakan hubungan matematis antara Arus-Kerapatan. Kondisi arus maksimum ( $V_m$ ) bisa diperoleh pada saat arus  $D = D_m$ . Nilai  $D = D_m$  bisa diperoleh dari persamaan:

$$\frac{V}{D} = Sff - \frac{2 \cdot Sff}{D_j} \cdot D_m = 0 \quad (8)$$

$$D_m = \frac{D_j}{2} \quad (9)$$

dengan memasukkan persamaan (9) ke persamaan (7), maka nilai  $V_m$  bias didapat dan diperoleh persamaan baru sebagai berikut:

$$V_M = \frac{D_j \cdot Sff}{4} \quad (10)$$

### 3. METODA PENELITIAN

#### 3.1 Pengambilan Data

1. Survey dan pengambilan data dilakukan pada ruas jalan Rungkut Asri.
2. Pengambilan data dilakukan mulai jam 06.00 WIB hingga selesai jam 17.00 WIB dengan cara menghitung jumlah kendaraan bermotor yang melintasi ruas jalan tersebut dan di total tiap 30 menit berjalan.
3. Untuk data kecepatan (S), pengambilan data dilakukan dengan terlebih dahulu mengukur panjang ruas jalan percobaan dan setelah itu dengan bantuan stopwatch mengukur waktu lintasan kendaraan bermotor dari titik awal ke titik akhir.

#### 3.2 Tabulasi Data

Data yang selesai dibuat, ditabulasikan dengan bantuan program komputer Excel 2000 dan dilakukan perhitungan untuk  $D$  dan  $X_i$  kuadrat dan dimasukkan dalam kolom tersendiri pada Excel.



### 3.3 Analisis Data

Untuk analisis data dilakukan dengan menggunakan Regresi Linier:

$$Y_i = A + Bx_i \quad (11)$$

Dengan transformasi linier diperoleh:

$$\ln. S = Y_i$$

$$D = X_i$$

A adalah perpotongan dengan sumbu Y, maka diperoleh  $A = \ln. S_{ff}$ , sedangkan B adalah gradien atau kemiringan dari kurva sehingga diperoleh,

$$B = -1/D_m \quad (12)$$

$$S_{ff} = e^A. \quad (13)$$

Untuk mencari nilai A dan B diberikan rumusan di bawah ini yang diturunkan dari metode kuadrat terkecil atau dari analisis regresi biasa:

$$B = \frac{N \sum_{i=1}^N (X_i Y_i) - \sum_{i=1}^N X_i \cdot \sum_{i=1}^N Y_i}{N \sum_{i=1}^N (X_i)^2 - \left( \sum_{i=1}^N X_i^2 \right)} \quad (14)$$

$$A = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i}{N} - B \cdot \frac{\sum_{i=1}^N X_i}{N} \quad (15)$$

Karena  $S_{ff} = A$ , maka  $D_j = -(A/B)$

### 4. HASIL DAN ANALISIS

Data yang diperoleh dari hasil pengukuran di lapangan dinyatakan pada Tabel 1. Untuk keperluan analisis regresi dibuat tambahan kolom guna perhitungan nilai D dan  $X_i$  kuadrat. Hasil tersebut ditampilkan pada Tabel.2

**Tabel.1. Data Pengukuran Arus Lalu Lintas dan Kecepatan**

NO	PERIODE	V	S
		(smp/jam)	km/jam)
1	2	3	4
1	06.00-06.30	985.25	72.51
2	06.30-07.00	1565.2	64.35
3	07.00-07.30	1584.75	60.25
4	07.30-08.00	1425.32	64.35
5	08.00-08.30	1256.44	61.42
6	08.30-09.00	1026.35	65.24
7	09.00-09.30	1124.15	72.15
8	09.30-10.00	989.56	78.15
9	10.00-10.30	1045.25	72.42
10	10.30-11.00	987.56	67.66
11	11.00-11.30	854.21	75.65
12	11.30-12.00	889.54	72.34
13	12.00-12.30	1131.25	67.35
14	12.30-13.00	1251.24	58.55
15	13.00-13.30	1042.35	66.57
16	13.30-14.00	951.45	70.06
17	14.00-14.30	865.24	72.21
18	14.30-15.00	925.15	71.06
19	15.00-15.30	825.65	71.35
20	15.30-16.00	946.65	74.45
21	16.00-16.30	1045.54	70.25
22	16.30-17.00	1255.25	64.85

**Tabel.2. Data Penghitungan Nilai Kerapatan dan Kecepatan**

NO	V ( smp / jam)	S ( km / jam )	d= v/s = Xi	Log S= Yi	Xi * Yi	( Xi^2 )
1	2	3	4	5	6	7
1	985.25	72.51	13.587781	4.283724483	58.20631013	184.6277924
2	1565.2	64.35	24.32323232	4.164336934	101.2901347	591.6196306
3	1584.75	60.25	26.30290456	4.098502572	107.802522	691.8427885
4	1425.32	64.35	22.14949495	4.164336934	92.23795989	490.6001265
5	1256.44	61.42	20.45652882	4.117735515	84.23457523	418.4695713
6	1026.35	65.24	15.73191294	4.178072778	65.72907718	247.4930847
7	1124.15	72.15	15.58073458	4.278747285	66.66602579	242.7592901
8	989.56	78.15	12.66231606	4.358630057	55.19035136	160.334248
9	1045.25	72.42	14.43316763	4.282482504	61.80978787	208.3163279
10	987.56	67.66	14.59592078	4.214495163	61.51443753	213.0409034
11	854.21	75.65	11.29160608	4.32611744	48.84881399	127.5003679
12	889.54	72.34	12.29665469	4.281377227	52.64661734	151.2077165
13	1131.25	67.35	16.796585	4.209902903	70.71199197	282.1252678
14	1251.24	58.55	21.3704526	4.06988109	86.97520094	456.6962445
15	1042.35	66.57	15.65795403	4.198254026	65.73606855	245.1715245
16	951.45	70.06	13.58050243	4.249352018	57.70833539	184.4300462
17	865.24	72.21	11.98227392	4.27957854	51.27908235	143.5748884
18	925.15	71.06	13.01927948	4.263524591	55.50801822	169.5016382
19	825.65	71.35	11.57182901	4.267597344	49.38390676	133.9072267
20	946.65	74.45	12.71524513	4.310127759	54.804331	161.6774587
21	1045.54	70.25	14.88313167	4.252060308	63.28397345	221.5076084
22	1255.25	64.85	19.35620663	4.172076911	80.75558276	374.6627351
SUM	23973.35	1513.19	354.3457143	93.02091438	1492.323104	6101.066486
RATA-RATA			16.10662338	4.228223381		

Dari Tabel 2 nilai A dan B dapat dihitung dengan memakai persamaan 14, setelah lebih dahulu masing-masing kolom dalam table tersebut ditotal masing-masing kolom yang ada.

$$B = \frac{(22) \cdot (1492,323) - (354,345)(93,021)}{(22) \cdot (6101,066) - (354,345)^2}$$

$$B = \frac{32831,106 - 32961,526}{134223,452 - 125560,379}$$

$$B = -0,015$$

$$A = 4,228 - (-0,0015) * 16,107$$

$$A = 4,228 + 0,242$$

$$A = 4,47$$

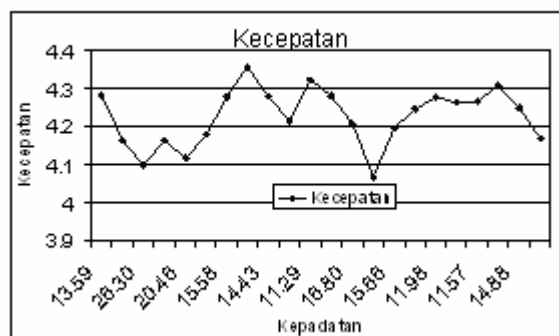
$$S_{ff} = e^A$$

$$\ln S_{ff} = 4,47$$

$$S_{ff} = 87,357 \text{ km/jam}$$

$$1$$

$$D_m = - \frac{1}{(-0,0015)} = 66,67 \text{ smp/km}$$



**Gambar 4. Hubungan Kecepatan Dengan Kerapatan**

Model matematis persamaan untuk Kecepatan-Kerapatan adalah:

$$\ln S = 4,47 - 0,015 D \quad (15)$$

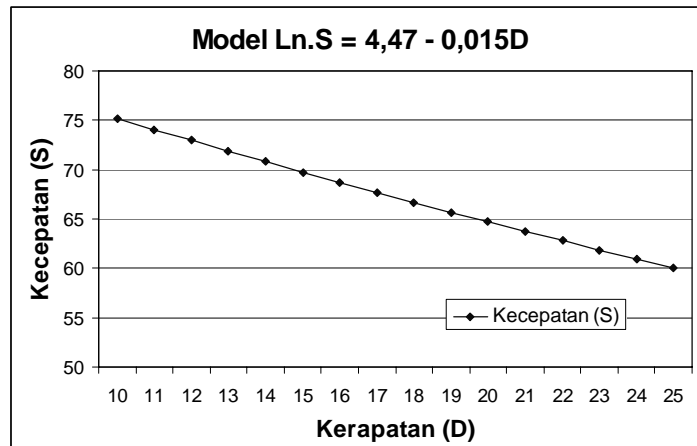
Model matematis persamaan untuk Volume- Kerapatan adalah:

$$V = 87,357 D \cdot E^{-0,015D} \quad (16)$$

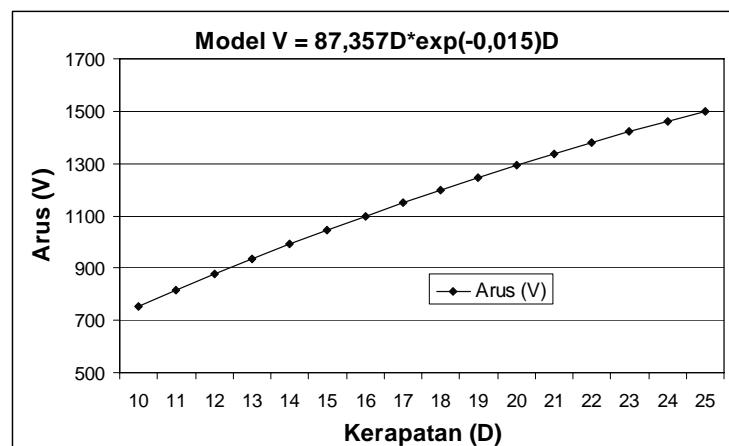
Model matematis persamaan untuk Volume –Kecepatan adalah:

$$V = 447 S - 66,67 S \ln S \quad (17)$$

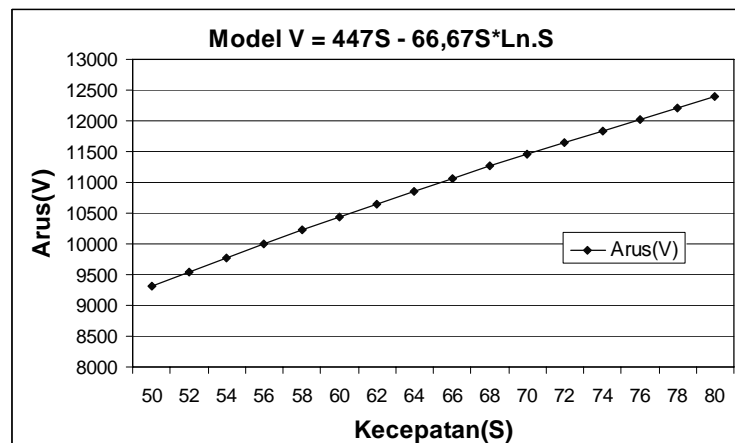
#### 4.1 Penggambaran Kurva Model Matematis



**Gambar 5. Kurva Model Matematis 1**



**Gambar 6. Kurva Model Matematis 2**



**Gambar 7. Kurva Model Matematis 3**

Volume maksimum dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 12.

$$D_{maks} = \frac{66,67}{2} = 33,335 \text{ (smp/km)}$$

$$S_{maks} = \frac{87,357}{2} = 43,678 \text{ km/jam}$$

dengan memasukkan nilai  $D_{maks}$  ke dalam Persamaan 13 diperoleh nilai  $V_{maks}$ :

$$V_{maks} = 87,357 \cdot (33,335) \cdot e^{(-0,015)(33,335)}$$

$$V_{maks} = 2912,05 \cdot e^{(-0,5)}$$

$$\text{Log. } V_{maks} = \log(2912,05) - 0,5$$

$$\text{Log. } V_{maks} = 3,46 - 0,5 = 2,96$$

$$V_{maks} = 912 \text{ smp/jam}$$

## 5. KESIMPULAN

Kesimpulan dalam studi ini sebagai berikut:

1. Nilai  $S_{ff}$  (kecepatan pada kepadatan terendah) diperoleh sebesar 87,357 km/jam.
2. Nilai  $D_j$  (kerapatan tertinggi) diperoleh sebesar 66,67 (smp/km).
3. Volume maksimum diperoleh pada kondisi kerapatan  $D = 33,335$  smp/km yang bergerak dengan kecepatan  $S = 43,678$  km/jam.
4. Model matematis diperoleh :

$$\ln.S = 4,47 - 0,015 D$$

$$V = 87,357 D \cdot e^{(-0,015D)}$$

$$V = 447 S - 66,67 S \ln.S$$

## PUSTAKA

1. Tamin, O.Z., (2003). *Perencanaan dan Pemodelan Transportasi*”, Edisi Kesatu, ITB Bandung.
2. Khisty C.J., Kent Lall., (2003). *Transportation Engineering An Introduction*, Third Edition, Prentice Hall, New Jersey, 2003
3. Asian Development Bank, (2003). *Panduan Keselamatan Jalan untuk Kawasan Asia Pasifik*, Asian Development Bank, Manila.
4. Warpani S., (1990). *Merencanakan Sistem Perangkutan*, ITB, Bandung.
5. Bhattacharyya G.K., Johnson R.A., (1977). *Statistical Concepts and Methods*, John Wiley & Sons, New York.

# ANALISIS *RESOURCES LEVELING* TENAGA KERJA

Yohanes Lim Dwi Adianto<sup>1</sup>, Dhimas Lazuhardy Putro<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Universitas Katolik Parahyangan  
Jalan Ciumbuleuit 94, Bandung, 40141  
E-mail: yohanesadianto@yahoo.co.id

## ABSTRAK

*Resources Leveling* merupakan suatu langkah untuk mengurangi fluktuasi penggunaan resources dalam suatu proyek konstruksi, hal ini perlu dilakukan karena efektifitas penggunaan resources akan berpengaruh pada aliran biaya keseluruhan proyek. Metode yang digunakan untuk melakukan leveling pada penelitian ini adalah metode Burgess dengan menentukan nilai sum of square ( $Z$ ). Analisis dilakukan pada pekerjaan struktur proyek Bank Jabar. Dengan mengetahui alokasi jumlah kebutuhan tenaga kerja dapat dihitung besarnya nilai  $Z$ , semakin kecil nilai  $Z$  maka fluktuasi yang timbul pada kebutuhan pekerja semakin kecil, untuk tukang besi beton terampil nilai  $Z$  berkurang dari 21.340 menjadi 21.088, sedangkan untuk pekerja nilai  $Z$  berkurang dari 169.504 menjadi 163.072. Penggunaan tukang besi beton terampil pada minggu ke 6 sebanyak 50 orang berubah menjadi 44 orang, sedangkan penggunaan minggu ke 7 sebanyak 35 meningkat menjadi 41 orang. Penggunaan pekerja mengalami pemerataan yang signifikan pada minggu ke 2 hingga minggu ke 5. Penggunaan minggu ke 2 dan ke 3 berkurang sebanyak 12 orang, sedangkan pada minggu ke 4 dan ke 5 meningkat sebanyak 12 orang.

**Kata kunci:** Tenaga kerja, Resources leveling, Durasi proyek, Metode burgess.

## ABSTRACT

Resources Leveling is a step to minimize the fluctuation of resources usage in a construction project, this technique required to be applied because the effectivity of resources usage will affect the cost flow in overall project. This study used Burgess leveling method to determine the sum of squares value ( $Z$ ). Analysis was done on structural works at Bank Jabar project. By knowing the allocation of total labor demand,  $Z$  value can be calculated, and the smaller value of  $Z$  means that fluctuation on labor demand is smaller too. As for the skilled structural steel workers, the  $Z$  value was reduced from 21.340 to 21.088 while the  $Z$  value for laborers was reduced from 169.504 to 163.072. The skilled structural workers usage on sixth week with total 50 persons was reduced to 44 persons, while the usage on seventh week with 35 persons was increased to 41 persons. The labor usage was significantly leveled on second week up to fifth week. The usage on second week to third week was reduced by 12 persons, while on fourth and fifth week was increased by 12 persons.

**Keywords:** Labor, Resources leveling, Project duration, Burgess method.

## 1. PENDAHULUAN

Dalam proses perencanaan proyek, dilakukan penyusunan urutan kegiatan, penghitungan durasi setiap kegiatan, penentuan hubungan antar kegiatan, penghitungan durasi penyelesaian proyek dan besarnya *total float* setiap kegiatan, penentuan kegiatan kritis dan non kritis, kapan waktu pelaksanaan, penentuan jumlah sumberdaya yang diperlukan.

Sumber daya (*resources*) yang utama dalam suatu proyek konstruksi yaitu: tenaga kerja, peralatan dan material.

Pada umumnya leveling pada material mengikuti hasil dari leveling jumlah tenaga kerja, sehingga dengan mengurangi fluktuasi dari jumlah tenaga kerja dapat diharapkan efisiensi penggunaan tenaga kerja dan material dari proyek akan meningkat. Pemakaian sumber daya secara efektif dan efisien akan menghasilkan pelaksanaan proyek yang terkendali secara biaya, waktu, dan mutu. Tenaga kerja merupakan salah satu sumber daya yang seringkali ketersediaannya terbatas. Tidak mudah untuk melepas dan merekrut kembali tenaga kerja yang ada sesuai dengan naik turunnya kebutuhan tenaga kerja. Untuk mengatasi masalah fluktuasi tenaga kerja, dapat dilakukan langkah *resources leveling* dengan metode Burgess *Sum of Square*. Terdapat beberapa alternatif *resources leveling* yang dapat dilakukan. Pemilihan alternatif yang dilakukan bergantung pada kebutuhan proyek terutama dari segi biaya dan waktu serta ketersediaan *resources* itu sendiri.

Tujuan penelitian adalah: (1). Melakukan analisis penggunaan sumber daya jika ditinjau dari segi jadwal, sehingga akan diketahui jumlah penggunaan sumber daya; (2). Melakukan analisis *resource leveling* sehingga akan didapatkan pemerataan penggunaan sumber daya.

Ruang lingkup penelitian adalah: (1). Pekerjaan yang akan di analisis adalah jenis pekerjaan struktur dari proyek Bank Jabar; (2). Proses analisis *resources leveling* menggunakan metode Burgess *Sum of Squares*; (3). Proyek yang dibahas mempunyai durasi yang tetap (*fixed project duration*).

## **2. TINJAUAN PUSTAKA**

### **2.1 Sumber Daya (*Resources*)**

Pada suatu proyek konstruksi terdapat 3 jenis sumber daya yang utama yaitu pekerja, material dan peralatan.

Pekerja dikategorikan dalam dua kategori berdasarkan upah yang diterima yaitu:

1. Pekerja dengan upah tetap.

Pekerja ini adalah proyek manajer, pengawas proyek, *engineer*, sekretaris dan pekerja-pekerja tetap. Mereka biasanya digaji selama proyek berlangsung.

2. Pekerja dengan upah per satuan waktu.

Pekerja-pekerja ini dipekerjakan untuk melakukan suatu kegiatan tertentu seperti tukang kayu, tukang batu, tukang besi, tukang elektrikal dll. Mereka biasanya diupah berdasarkan lamanya bekerja dalam hitungan jam atau hari.

Peralatan dan material juga dapat dibagi dalam dua kategori yaitu:

1. Peralatan dan material konstruksi.

Peralatan dan material jenis ini digunakan dalam proses konstruksi tetapi tidak dipasang secara permanen. Contoh dari peralatan konstruksi adalah *buldozer*, *backhoe*, *cranes*, generator. Untuk peralatan konstruksi yang tidak begitu mahal biasanya merupakan milik pribadi dari pekerja, sedangkan contoh dari material konstruksi adalah *formwork materials* dan *scaffolding*.

2. Peralatan dan material yang dipasang.

Peralatan dan material jenis ini dipasang permanen di dalam proyek setelah proses pembangunan selesai. Contoh dari peralatan yang dipasang adalah generator darurat (pada rumah sakit), peralatan yang dipasang di dapur, dan banyak peralatan khusus yang dipasang pada sebuah proyek industri, sedangkan untuk material contohnya seperti beton, batu bata, kusen, keramik.

## **2.2 Resources Allocation**

Resources Allocation adalah penempatan sumberdaya yang dibutuhkan untuk setiap aktivitas dalam suatu proyek konstruksi dalam bentuk jumlah dan waktu. Dalam menentukan jumlah sumberdaya terdapat 2 kategori yaitu:

1. *Resources* yang terbatas (durasi proyek merupakan variabel)

Kemungkinan bahwa *resources* yang tersedia terbatas sangat besar dan terbuka kemungkinan terjadi kekurangan *resources*, oleh karena itu sangat disarankan untuk mengevaluasi dampak dari kekurangan tersebut terhadap durasi proyek.

2. *Resources* yang tidak terbatas (durasi proyek telah ditetapkan)

Ketika jumlah *resources* tidak terbatas maka yang menjadi masalah adalah mengenai berapa banyak *resources* optimal yang dibutuhkan untuk mencapai waktu penyelesaian proyek yang telah ditentukan.

Dalam *Resources Allocation* terdapat beberapa aturan prioritas yang digunakan yaitu:

1. Alokasikan *resources* pada aktivitas yang memiliki *float* paling sedikit.
2. Alokasikan pada aktivitas yang membutuhkan jumlah *resources* per satuan waktu lebih besar.
3. Alokasikan pada aktivitas yang menggunakan *resources* lebih besar secara keseluruhan.
4. Alokasikan pada aktivitas yang mendahului kegiatan yang membutuhkan *resources* per hari paling besar.



5. Jika keempat aturan tersebut sama-sama dipenuhi oleh beberapa aktivitas maka urutan alokasi ditentukan dari urutan terendah (nilai i-j).

### 2.3 Resources Leveling

*Resources leveling* adalah suatu proses meminimalisasi fluktuasi penggunaan *resources* per hari selama proyek berlangsung. *Resources leveling* biasanya dilakukan dengan menggeser kegiatan tidak kritis selama *float* yang dimiliki. *Resource levelling* memiliki tujuan untuk pemeratakan jumlah penggunaan sumber daya tanpa meningkatkan atau menambah durasi waktu kegiatan. Pemeratakan sumber daya tersebut dengan prinsip mengurangi jumlah tenaga kerja puncak dan menambahkannya pada suatu unit waktu dengan jumlah penggunaan sumber daya yang relatif sedikit.

Salah satu metode yang dapat digunakan untuk pemeratakan sumber daya adalah metode Burgess, dengan cara sebagai berikut:

1. Menentukan hubungan dan konstrain untuk setiap item kegiatan.
2. Menghitung *early start*, *late start*, waktu selesai, dan *float* untuk setiap kegiatan.
3. Menghitung *sum of squares* (jumlah kuadrat) dari setiap jumlah penggunaan sumber daya untuk setiap unit waktu. *Sum of squares* tersebut dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut:

$$Z = \sum_{i=1}^T y_i^2 \quad (1)$$

dimana :  $Z$  = jumlah kuadrat dari suatu periode waktu  $i$

$T$  = durasi proyek

$Y_i$  = jumlah dari sumber daya yang diperlukan dari setiap kegiatan per unit waktu

4. Perataan sumber data pada metode Burgess hanya terjadi pada kegiatan nonkritis. Pada langkah ini akan dilakukan sistem *reverse late start* dimana kegiatan nonkritis dengan waktu mulai paling akhir (*late start/LS*) akan ditempatkan pada tempat pertama.
5. Dilakukan perhitungan jumlah kuadrat untuk setiap kegiatan nonkritis dengan menunda kegiatan untuk setiap unit waktu sesuai dengan jumlah *float* kegiatan tersebut. Jumlah kuadrat yang minimumlah yang menentukan untuk perhitungan kegiatan selanjutnya. Perhitungan ini dilakukan secara berulang – ulang hingga setiap kegiatan nonkritis dengan sistem *reverse late start* telah dianalisis semua.

Penjadwalan pekerjaan struktur proyek bank Jabar ditampilkan pada Gambar 1 sedangkan penjadwalan penggunaan tenaga kerja ditampilkan pada Tabel 1.





**Tabel 1. Jadwal Penggunaan Tenaga Kerja**

Tenaga Kerja (Orang)	Minggu																						Jumlah
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
Kepala tukang batu					3																		3
Kepala tukang besi beton	28	3	21	6		27	20		30	11	10	10	25	16		30	8	10	15	15	3	2	290
Kepala tukang kayu			14	35		33	72	24	75	2	56	75	30	34	25	84	14	33	75	15	13	8	717
Tukang besi beton setengah terampil	126	15	105	30		122	80		150	50	46	46	115	62		138	37	40	69	69	13	10	1323
Tukang besi beton terampil	49	6	42	12		50	35		60	20	18	20	50	27		54	15	18	30	30	6	4	546
Tukang batu setengah terampil					18	36																	54
Tukang batu terampil					1	4																	5
Tukang Gali				42																			
Tukang kayu setengah terampil			14	35		33	72	24	75	2	56	75	30	34	25	84	14	33	75	15	13	8	717
Pekerja	203	215	212	105	30	27	57	19	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	1306
Pekerja setengah terampil					16	64																	80
<b>Jumlah per Minggu</b>	<b>406</b>	<b>239</b>	<b>408</b>	<b>265</b>	<b>68</b>	<b>396</b>	<b>336</b>	<b>67</b>	<b>450</b>	<b>87</b>	<b>230</b>	<b>286</b>	<b>274</b>	<b>201</b>	<b>71</b>	<b>462</b>	<b>98</b>	<b>161</b>	<b>324</b>	<b>156</b>	<b>58</b>	<b>40</b>	<b>5083</b>

### 3.1 Analisis *Resources Leveling* pada Tenaga Kerja

*Resources leveling* akan dilakukan dengan menggunakan metode Burgess *Sum of Square*. *Resources leveling* dilakukan pada pekerjaan – pekerjaan yang bersifat nonkritis.

Sesuai dengan gambar hasil penjadwalan pada gambar 1, terlihat bahwa kegiatan nonkritis terjadi pada pekerjaan pembuatan tangga, pembuatan *retaining wall*, pemadatan tanah, urugan, dan galian tanah. *Resources leveling* dilakukan pada tukang besi beton terampil dan pekerja.

### 3.2 *Resources Leveling* Tenaga Kerja Tipe Tukang Besi Beton Terampil

Pada pekerjaan – pekerjaan non kritis akan dilakukan *reverse late start*, yaitu menyusun kegiatan sesuai dengan *late start* namun disusun dari waktu mulai paling akhir kegiatan – kegiatan tersebut. *Reverse late start* pada kegiatan – kegiatan tersebut akan ditampilkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. *Reverse Late Start* Kegiatan – kegiatan nonkritis**

ID	Kegiatan	Total float
CDC3	Beton K-300 tangga type 2 lantai dua	1
CDC1	Pembesian tangga type 2 lantai dua	1
CDC2	Begisting Multipleks tangga type2 lantai dua	1
CCD3	Beton K-300 tangga lantai satu	2
CCD1	Pembesian tangga lantai satu	2
CCD2	Begisting Multipleks tangga lantai satu	2
CBE3	Beton K-300 tangga lantai dasar	3
CBE1	Pembesian tangga lantai dasar	3
CBE2	Begisting Multipleks tangga lantai dasar	3
CAC3	Beton K-300 tangga type 2	4

Tabel 2 (lanjutan)		
CAC1	Pembesian tangga type 2	4
CAC2	Begisting Multipleks tangga type 2	4
CAB3	Beton K-300 retaining wall	5
CAB2	Begisting Multipleks retaining wall	5
CAB1	Pembesian retaining wall	5
CAB4	Pasangan 1/2 bata retaining wall	5
A4	Pemadatan tanah	2
A5	Urugan kembali ex galian	2
A3	Galian tanah	2

Karena penggunaan tukang besi beton terampil hanya berkontribusi pada kegiatan pembesian, maka proses *leveling* pada kelompok tenaga kerja tukang besi beton terampil dapat dilakukan hanya pada kegiatan pembesian saja.

Sehingga urutan *leveling* tukang besi beton dapat diurut dengan kegiatan non kritis sebagai berikut: pembesian tangga type2 lantai dua, pembesian tangga lantai satu, pembesian tangga lantai dasar, pembesian tanga type 2, dan pembesian *retaining wall*.

Langkah selanjutnya adalah menentukan jumlah kuadrat (*sum of square*) penggunaan tenaga kerja.

Perhitungan dilakukan dengan penggunaan tenaga kerja per minggu, sehingga hasil proses pemerataan sumber daya akan ditampilkan dalam satuan waktu per minggu.

Perhitungan *sum of square* untuk tenaga kerja jenis tukang besi beton terampil dapat dilihat pada Tabel 3. Dari Tabel 3 dapat dijelaskan:

1. Penggunaan tukang besi beton terampil sebelum mengalami proses *leveling*.

Mengacu pada tabel di atas akan dilakukan perhitungan jumlah kuadrat sebagai berikut:

$$Z = \sum_{i=1}^T y_i^2 = 49^2 + 6^2 + 42^2 + 12^2 + 50^2 + 35^2 + 60^2 + 20^2 + 18^2 + 20^2 + 50^2 + 27^2 + 54^2 + 15^2 + 18^2 + 30^2 + 30^2 + 64^2 + 4^2 = 21340 = Z_0$$

2. Kegiatan pembesian tangga type 2 lantai dua yang memiliki float 1 hari (CDC1).

$$21340 = 21340$$

Maka pekerjaan tangga type 2 lantai dua dapat ditunda 0-1 hari dengan tidak mempengaruhi pemerataan sumber daya yang ada.

3. Pembesian tangga lantai satu dengan float 2 hari (CCD1).

$$21340 = 21340$$

Kesimpulan dari kedua penundaan tersebut, karena nilai Z diatas sama maka tidak ada perubahan profil sumber daya akibat penundaan pembesian tangga lantai satu. Sehingga penundaan 1-2 hari tidak akan mempengaruhi pemertaan sumber daya.

4. Pembesian tangga lantai dasar dengan float 3 hari (CBE1).

$$21196 < 21340$$

Hal ini menandakan bahwa didapat nilai Z yang lebih minimum daripada nilai Z pada pekerjaan terdahulu (pada kasus reverse late start), sehingga jika pekerjaan pembesian tangga lantai satu ditunda 3 hari maka akan didapat resource scheduling yang baru yaitu sesuai dengan yang ditampilkan pada kondisi penundaan 3 hari di atas. Jika pembesian ditunda 3 hari maka alokasi penggunaan tukang besi beton terampil sebanyak 27 orang pada minggu ke 14 akan berubah menjadi sebanyak 24 orang, sisa 3 orang akan dialokasikan pada minggu ke 15. Pekerjaan pembesian tangga lantai dasar harus ditunda 3 hari untuk mendapatkan pemerataan sumber daya.

5. Pembesian tangga type 2 dengan float 4 hari (CAC1).

$$21196 = 21196$$

Sepintas tidak terdapat perubahan pemerataan sumber daya, namun jika dilihat dari resource profile terdapat perubahan pada minggu ke 10 dan 11, alokasi penggunaan tukang besi beton terampil pada minggu ke 10 menjadi 18 orang, sedangkan pada minggu ke 11 menjadi 20 orang.

6. Pembesian retaining wall dengan float 5 hari (CAB1).

$$21088 < 21196$$

Hal ini menandakan bahwa jika pekerjaan pembesian retaining wall ditunda 1 hari maka akan terjadi pemerataan sumber daya yang berimbas pada berubahnya resource profile. Jika pekerjaan ini ditunda selama 1 hari maka alokasi tukang besi beton terampil pada minggu ke 6 dan ke 7 akan berubah menjadi lebih merata.

Namun jika penundaan pekerjaan tersebut terus dilangsungkan hingga penundaan 5 hari maka akan terjadi pemindahan alokasi penggunaan tukang besi beton terampil ke minggu ke 7, hal ini akan menyebabkan jumlah penggunaan tukang besi beton terampil pada minggu ke 7 semakin banyak.

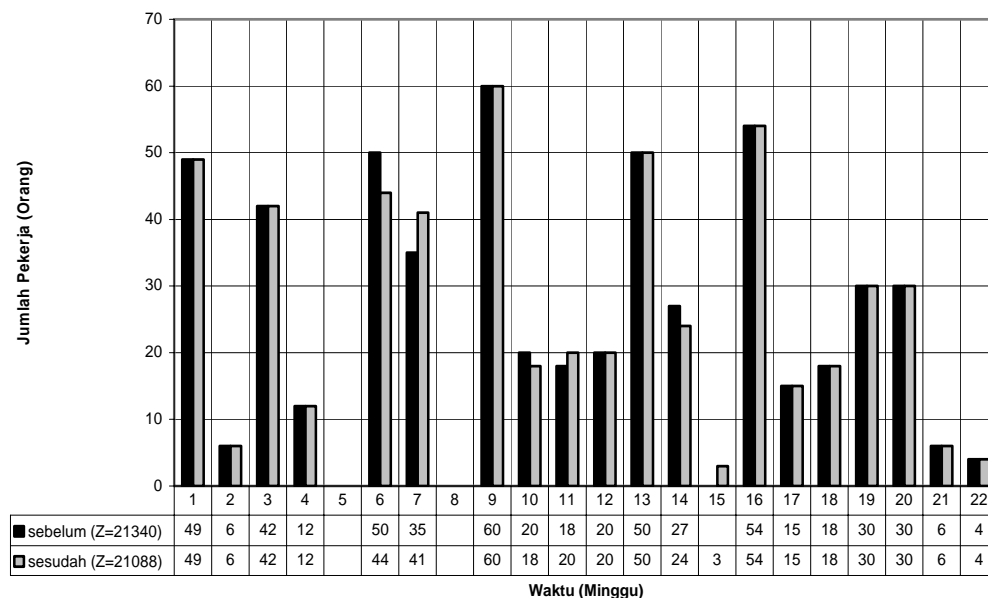
Sedangkan alokasi penggunaan tukang besi beton terampil pada minggu ke 6 semakin berkurang, sehingga akibat pemindahan tersebut *resource profile* pada minggu 6 dan 7 akan bersifat fluktuatif.

Jadi sebaiknya pekerjaan pembesian retaining wall harus dapat ditunda selama 1 hari sehingga akan didapatkan *resource leveling* yang optimal.

**Tabel 3. *Sum of Square* pada Tenaga Kerja Tipe Tukang Besi Beton Terampil**

Kegiatan	Tundaan (hari)	Minggu																						Z
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22	
-	-	49	6	42	12	50	35			60	20	18	20	50	27		54	15	18	30	30	6	4	21340
CDC1	1	49	6	42	12	50	35			60	20	18	20	50	27		54	15	18	30	30	6	4	21340
CCD1	1	49	6	42	12	50	35			60	20	18	20	50	27		54	15	18	30	30	6	4	21340
	2	49	6	42	12	50	35			60	20	18	20	50	27		54	15	18	30	30	6	4	21340
CBE1	1	49	6	42	12	50	35			60	20	18	20	50	27		54	15	18	30	30	6	4	21340
	2	49	6	42	12	50	35			60	20	18	20	50	27		54	15	18	30	30	6	4	21340
	3	49	6	42	12	50	35			60	20	18	20	50	24	3	54	15	18	30	30	6	4	21196
CAC1	1	49	6	42	12	50	35			60	18	20	20	50	24	3	54	15	18	30	30	6	4	21196
	2	49	6	42	12	50	35			60	18	20	20	50	24	3	54	15	18	30	30	6	4	21196
	3	49	6	42	12	50	35			60	18	20	20	50	24	3	54	15	18	30	30	6	4	21196
	4	49	6	42	12	50	35			60	18	20	20	50	24	3	54	15	18	30	30	6	4	21196
CAB1	1	49	6	42	12	44	41			60	18	20	20	50	24	3	54	15	18	30	30	6	4	21088
	2	49	6	42	12	38	47			60	18	20	20	50	24	3	54	15	18	30	30	6	4	21124
	3	49	6	42	12	32	53			60	18	20	20	50	24	3	54	15	18	30	30	6	4	21304
	4	49	6	42	12	26	59			60	18	20	20	50	24	3	54	15	18	30	30	6	4	21628
	5	49	6	42	12	20	65			60	18	20	20	50	24	3	54	15	18	30	30	6	4	22096

Rekapitulasi *resource leveling* tukang besi beton terampil ditampilkan dalam Tabel 4, sedangkan *Resource Profile* Tukang Besi Beton Terampil dapat dilihat dalam Gambar 2.



**Gambar 2. Resource Profile Tukang Besi Beton Terampil**

### 3.3 Resource Leveling Tenaga Kerja Tipe Pekerja

Urutan kegiatan pada leveling tenaga kerja tipe pekerja dimulai dari pekerjaan pembekistingan tangga type 2 lantai dua hingga pekerjaan galian tanah dengan uraian urutan kegiatan sebagai berikut: bekisting tangga type 2 lantai dua, bekisting tangga lantai satu, bekisting tangga lantai dasar, bekisting tangga type 2, urugan tanah ex galian, dan galian tanah. Proses perhitungan *sum of square*, rekapitulasi *resource leveling*, dan *resource profile* pekerja ditampilkan dalam Tabel 5, Tabel 6, dan Gambar 3.

**Tabel 4. Rekapitulasi Resource Leveling Tukang Besi Beton Terampil**

Kegiatan	Tundaan (hari)	Z	Minimum Z	Kesimpulan
-	-	21340		
CDC1	1	21340	$21340 = 21340$	Tunda 0-1 hari
CCD1	1	21340		
	2	21340	$21340 = 21340$	Tunda 0-2
CBE1	1	21340		
	2	21340		
	3	21196	$21196 < 21340$	Tunda 3 hari
CAC1	1	21196		
	2	21196		
	3	21196		
	4	21196	$21196 = 21196$	Tunda 0-4 hari
CAB1	1	21088		
	2	21124		
	3	21304		
	4	21628		
	5	22096	$21088 < 21196$	Tunda 1 hari

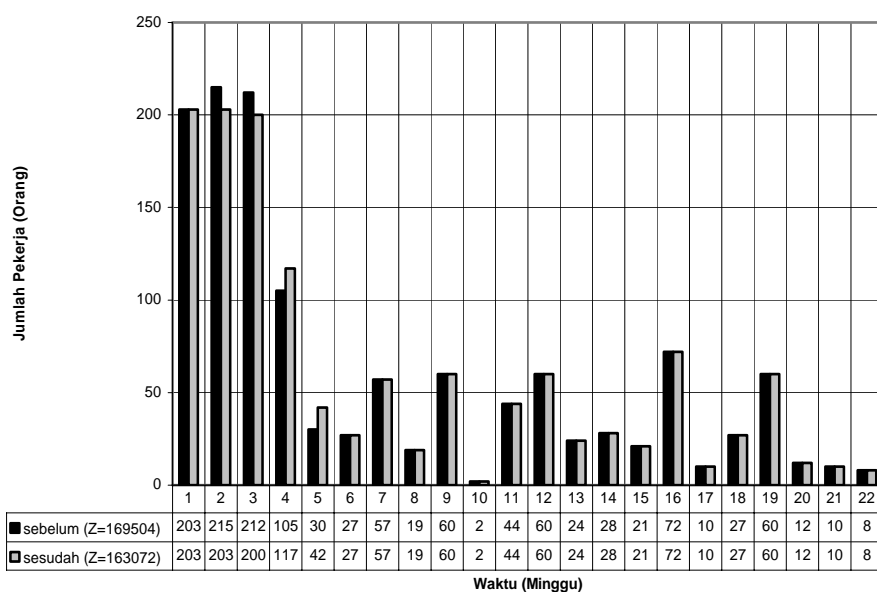


**Tabel 5. *Sum of Square* pada Tenaga Kerja Tipe Pekerja**

Kegiatan	Tundaan (hari)	Minggu																				Z		
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20		21	22
-	-	203	215	212	105	30	27	57	19	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	169304
CDC2	1	203	215	212	105	30	27	57	19	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	169304
CCD2	1	203	215	212	105	30	27	57	19	60	2	44	60	24	28	21	72	5	32	60	12	10	8	169724
	2	203	215	212	105	30	27	57	19	60	2	44	60	24	28	21	72		37	60	12	10	8	170044
CBE2	1	203	215	212	105	30	27	57	19	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	169304
	2	203	215	212	105	30	27	57	19	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	169304
	3	203	215	212	105	30	27	57	19	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	169304
CAC2	1	203	215	212	105	30	27	57	19	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	169304
	2	203	215	212	105	30	27	57	19	60		46	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	169680
	3	203	215	212	105	30	27	57	19	60		46	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	169680
	4	203	215	212	105	30	27	57	19	60		46	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	169680
CAB2	1	203	215	212	105	30	15	69	19	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	170512
	2	203	215	212	105	30	3	81	19	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	172096
	3	203	215	212	105	30	3	81	19	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	172096
	4	203	215	212	105	30	3	81	19	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	172096
	5	203	215	212	105	30	3	69	31	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	170896
A5	1	203	203	212	117	30	27	57	19	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	167152
	2	203	203	200	117	42	27	57	19	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	163072
A3	1	174	203	229	117	42	27	57	19	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	164580
	2	145	203	258	117	42	27	57	19	60	2	44	60	24	28	21	72	10	27	60	12	10	8	169452

**Tabel 6. Rekapitulasi *Resource Leveling* pada Pekerja**

Kegiatan	Tundaan (hari)	Z	Minimum Z	Kesimpulan
-	-	169504		
CDC2	1	169504	$169504 = 169504$	Tunda 0-1 hari
CCD2	1	169724		
	2	170044	$169504 = 169504$	Tunda 0-2 hari
CBE2	1	169504		
	2	169504		
	3	169504	$169504 = 169504$	Tunda 0-3 hari
CAC2	1	169504		
	2	169680		
	3	169680		
	4	169680	$169504 = 169504$	Tunda 0-4 hari
CAB2	1	170512		
	2	172096		
	3	172096		
	4	172096		
	5	170896	$169504 < 170512$	Jangan ditunda
A5	1	167152		
	2	163072	$163072 < 169504$	Tunda 2 hari
A3	1	164580		
	2	169452	$164580 < 163072$	Jangan Ditunda



**Gambar 3. Resource Profile Pekerja**

#### **4. KESIMPULAN**

1. Resources Leveling yang dilakukan mampu mengurangi fluktuasi penggunaan resources yang diukur dengan menggunakan metode sum of square (Z). Hal ini dibuktikan dengan berkurangnya nilai Z pada leveling untuk tukang besi beton terampil dari 21.340 menjadi 21.088, sedangkan untuk pekerja nilai Z berkurang dari 169.504 menjadi 163.072.
2. Penggunaan tukang besi beton terampil mengalami pemerataan yang signifikan pada minggu ke 6 dan ke 7. Penggunaan minggu ke 6 sebanyak 50 orang berubah menjadi 44 orang, sedangkan penggunaan minggu ke 7 sebanyak 35 meningkat menjadi 41 orang. Hal ini menunjukkan bahwa alokasi penggunaan tukang besi beton terampil sebanyak 6 orang pada minggu ke 6 dipindah pada minggu ke 7.
3. Penggunaan pekerja mengalami pemerataan yang signifikan pada minggu ke 2 hingga minggu ke 5. Penggunaan minggu ke 2 sebanyak 215 orang berubah menjadi 203 orang. Penggunaan minggu ke 3 sebanyak 212 orang menurun menjadi 200 orang. Penggunaan minggu ke 4 sebanyak 105 orang meningkat menjadi 117 orang. Penggunaan minggu ke 5 sebanyak 30 orang meningkat menjadi 42 orang.
4. Float yang dimiliki oleh kegiatan non kritis sangat berpengaruh dalam leveling yang dilakukan, semakin banyak kegiatan yang memiliki banyak float maka semakin banyak pula alternatif bagi perencana untuk memutuskan kegiatan mana yang digeser pelaksanaannya, sehingga kemungkinan munculnya profil yang tidak fluktuatif akan semakin besar pula.

#### **PUSTAKA**

1. Burman, P.J., (1972). *Precedence Networks for Project and Control*, McGraw-Hill Inc,UK.
2. Gould, Frederick E., (1997). *Managing The Construction Process*, Prentice-Hall, USA.
3. Mubarak, Saleh., (2005). *Construction Project Scheduling and Control*, Pearson Prentice-Hall, New Jersey.
4. Patrick, Charles., (2004). *Construction Project Planning and Scheduling*, Pearson Prentice-Hall, New Jersey.

# KAJIAN BALOK BETON *STYROFOAM* RINGAN DENGAN TULANGAN MENYEBAR

**Arusmalem Ginting**

Dosen Tetap, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Janabadra  
Jl. Tentara Rakyat Mataram No. , Yogyakarta  
E-mail : agintm@yahoo.com

## ABSTRAK

Kebutuhan beton untuk struktur saat ini terus meningkat, sehingga menuntut perkembangan teknologi beton yang lebih baik. Salah satu jenis beton yang sering digunakan adalah beton ringan. Beton ringan dapat dibuat sebagai beton pracetak berbobot ringan sehingga dapat mempercepat pelaksanaan pembangunan dan mengurangi resiko kerusakan akibat gempa. Penelitian ini menggunakan beton styrofoam ringan dengan tulangan menyebar dan diteliti kapasitas lentur, kapasitas geser, keruntuhan, dan pola retak. Pada penelitian ini jumlah benda uji yang dibuat sebanyak 4 buah, 2 buah dengan dimensi 400 mm x 400 mm x 2000 mm dan 2 buah dengan dimensi 400 mm x 400 mm x 2550 mm. Semua benda uji menggunakan tulangan 8D16 yang disebar merata pada ke empat sisi tampang dan digunakan sengkang D10-200. Benda uji diletakkan pada loading frame yang kuat dan ditumpu sendi dan rol pada kedua ujungnya. Bentang bersih benda uji 1750 mm dan 2300 mm, dan dibebani dengan satu titik pembebanan di tengah bentang. Pembebanan statik dilakukan secara bertahap sampai beban maksimum dengan menggunakan hydraulic jack. Kuat tekan silinder beton rata-rata ( $f'_c$ ) = 1,59 MPa. Tegangan leleh rata-rata ( $f_y$ ) tulangan D16 = 459 MPa, tegangan leleh rata-rata ( $f_y$ ) tulangan D10 = 331 MPa. Kapasitas momen nominal balok ( $M_n$ ), sesuai SNI tidak dapat digunakan. Dari hasil penelitian didapat bahwa perbandingan beban lentur teoritis metode pias dan beban geser metode SNI jauh lebih besar dari beban hasil pengujian, dan perbandingan beban teoritis geser metode SNI menggunakan faktor 0,3 hampir sama dengan beban hasil pengujian. Retak awal yang terjadi adalah retak lentur yang berupa retak halus disekitar tengah bentang, kemudian muncul retak dekat tumpuan dan retak ini terus merambat dan membesar menuju ke arah beban di daerah desak sehingga benda uji runtuh.

**Kata kunci:** Beton ringan, *Styrofoam*, Kapasitas lentur.

## ABSTRACT

Requirement of concrete for structure increase in recent years, that is need more concrete technology. One of the need technologies is the lightweight concrete. It produce in precast concrete with light in weight, it will accelerate the construction work, and reducing the risk of earthquake. This research using styrofoam in light weight concrete, with uniform reinforced and search of mechanical characteristic which are: flexure capacity, shear capacity, and crack. In this research work with four beams, two beams with dimension 400 mm x 400 mm x 2000 mm and another two beams has 400 mm x 400 mm x 2550 mm. All of the beams using longitudinal reinforced 8D16, which are uniform at four sections, and transversal reinforced D10-200. The beam was set on strongly loading frame with simply supported. The net span beam were 1750 mm and 2300 mm, and loading with one point load, at the middle of span. Static loading works in stages until reach maximum loading with hydraulic jack. Result from compression tests of concrete cylinder give average value of compression strength of concrete ( $f'_c$ ) = 1,59 MPa. Average yield stress of deformed steel bar with diameter of 16 mm ( $f_y$ ) was = 459 MPa, as for the 10 mm non deformed steel bars, the average of yield stress reaching 331 MPa. To analyze nominal moment capacity ( $M_n$ ), the calculation of SNI method is not relevant. The result reach ratio between load flexure theoretic in pale method and load shear calculation in SNI method larger then result of load tested. The beam shear capacity analysis using coefficient ( $\alpha$ ) = 0.30. The existing of initial crack is the flexure crack, which is smooth crack at the middle of span,

afterwards, crack turn up near by supported, it will continuous spreading to point of loading at pressure area, finally made the beam failure.

**Keywords:** Lightweight concrete, Styrofoam, Flexural capacity.

## 1. PENDAHULUAN

Kebutuhan beton untuk struktur saat ini terus meningkat, sehingga menuntut perkembangan teknologi beton yang lebih baik. Beton digunakan pada struktur berat dan struktur ringan seperti perumahan rakyat. Perumahan rakyat yang sudah ada saat ini masih kurang dan masih dibutuhkan pembangunan perumahan yang cukup banyak, seiring dengan bertambahnya jumlah penduduk.

Penggunaan beton ringan merupakan salah satu upaya untuk memenuhi kebutuhan perumahan tersebut, karena memungkinkan untuk dibuat sebagai beton pracetak yang ringan, cepat dalam pelaksanaan dan mengurangi resiko kerusakan akibat gempa.

Penelitian ini menggunakan balok beton *styrofoam* ringan dengan tulangan menyebar dan diteliti sifat mekaniknya serta kemungkinannya untuk diaplikasikan pada struktur ringan, khususnya untuk pembangunan rumah tinggal. Pemakaian *styrofoam* ini dipilih karena beton ringan *styrofoam* mempunyai berat sendiri yang relatif sangat ringan. Beton *styrofoam* yang diteliti pada penelitian ini dibuat dengan proporsi campuran 350 kg semen : 200 kg pasir : 15 kg *styrofoam* untuk 1 m<sup>3</sup> beton, dan air sebanyak 157,5 liter dengan faktor air semen (fas) 0,45.

Penelitian ini bertujuan untuk mengetahui kapasitas lentur, geser, dan pola retak balok beton *styrofoam* ringan dengan tulangan menyebar akibat beban statik. Tinjauan hanya dilakukan terhadap sifat teknis betonnya dan tidak dilakukan tinjauan ekonomis.

## 2. TINJAUAN LITERATUR

### 2.1 Umum

Salet (1990) melakukan penelitian tentang beton ringan dengan menggunakan *foam* yang mempunyai berat jenis 50 kg/m<sup>3</sup> dengan perbandingan campuran 340 kg semen : 70 kg pasir : 136 liter air dan 50 kg *foam*. Hasil yang didapat adalah *workability* betonnya tinggi dan menghasilkan kuat tekan beton 2,25 – 2,75 MPa, kuat tarik 0,28 MPa dan modulus Young's ( $E$ ) = 1506 MPa dengan berat jenis sebesar 600 kg/m<sup>3</sup>.

Hunaiti (1997) menggunakan *foam* (busa) *neopore* pada campuran mortar dengan perbandingan semen dan pasir 1 : 3 dengan faktor air semen 0,5 dan ditambah busa (*foam*) sebanyak 2 % dari berat total campuran dan didapat kuat tekan pada umur 28 hari sebesar 12,11 MPa.

## 2.2 Beton Ringan

Menurut Murdock dan Brook (1986), berat jenis beton ringan berkisar antara 1360 - 1840 kg/m<sup>3</sup> dan berat jenis 1850 kg/m<sup>3</sup> dapat dianggap sebagai batas dari beton ringan yang sebenarnya, meskipun nilai ini kadang-kadang melebihi. Menurut Tjokrodinuljo (1997) beton disebut beton ringan jika beratnya kurang dari 1800 kg/m<sup>3</sup>.

Menurut Winter dan Nilson (1993) beton ringan dibedakan dalam tiga kelompok yaitu: beton ringan sebagai penyekat, beton ringan sebagai bahan pengisi dan beton ringan untuk elemen struktur. Beton ringan yang digunakan untuk elemen struktur dikenal sebagai beton struktur beragregat ringan yang mempunyai kuat tekan lebih besar dari 17,5 MPa dan berat satuannya kurang dari 1800 kg/m<sup>3</sup>. Sebagian besar beton ringan untuk struktur mempunyai berat antara 1500 kg/m<sup>3</sup> dan 1700 kg/m<sup>3</sup> dan kuat tekan rencana berkisar antara 20 MPa sampai 27,5 MPa.

## 2.3 Styrofoam

*Styrofoam* termasuk dalam kategori polimer sintetik dengan berat molekul tinggi. Polimer sintetik berbahan baku monomer berbasis *etilena* yang berasal dari perengkahan minyak bumi. *Styrofoam* hanya sebuah nama dalam dunia perdagangan, nama sesungguhnya adalah *polystyrene* atau *poli (feniletena)* dalam bentuk *foam*. *Feniletena* atau *styrene* dapat dipolimerkan dengan menggunakan panas, sinar ultra violet, atau katalis. *Poli (feniletena)* merupakan bahan termo plastik yang bening (kecuali jika ditambahkan pewarna atau pengisi), dan dapat dilunakkan pada suhu sekitar 100° C. *Poli (feniletena)* tahan terhadap asam, basa dan zat pengarat (korosif) lainnya, tetapi mudah larut dalam hidrokarbon aromatik dan berklor. Dalam propanon (aseton), *poli (feniletena)* hanya mengembang. Penyinaran dalam waktu yang lama oleh sinar ultra ungu, sinar putih, atau panas, sedikit mempengaruhi kekuatan dan ketahanan polimer terhadap panas. *Poli (feniletena)* berbusa atau *styrofoam* diperoleh dari pemanasan *poli (feniletena)* yang menyerap hidrokarbon *volatil*. Ketika dipanasi oleh kukus (*steam*) butiran akan melunak, dan penguapan hidrokarbon di dalam butiran akan menyebabkan butiran mengembang (Cowd, 1991).

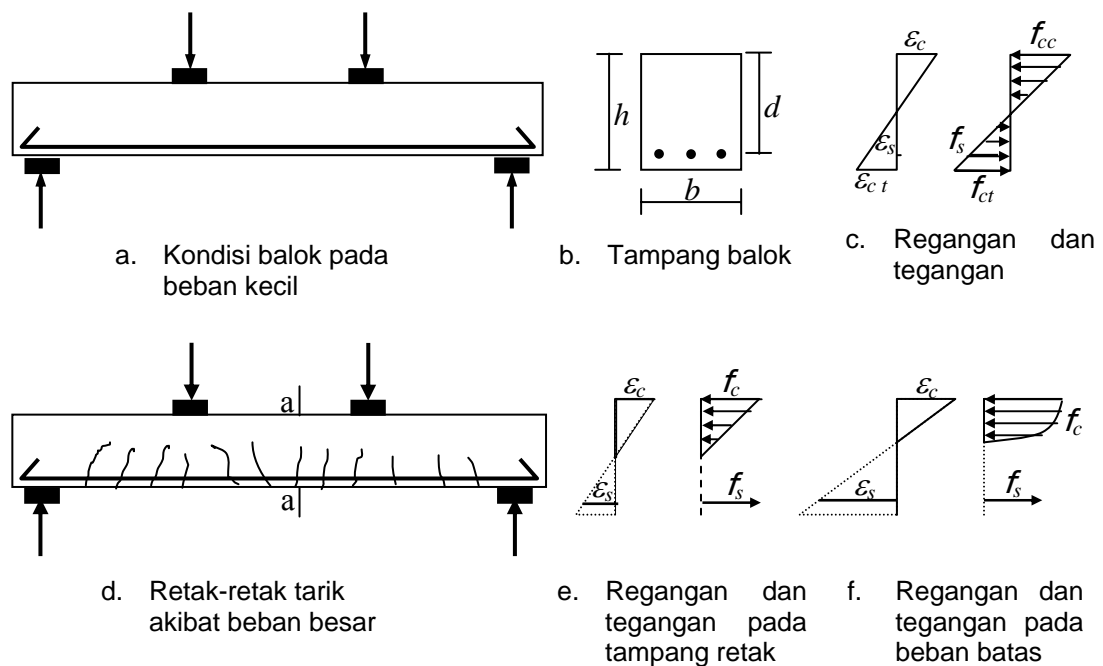
## 2.4 Lentur Pada Balok Beton Bertulang

Balok beton bertulang dengan tampang segi empat apabila diberi beban yang ditambah berangsur-angsur mulai dari nol sampai balok hancur, maka ada tingkat perilaku yang berbeda.

Pada beban kecil tegangan tarik maksimum beton lebih kecil dari modulus hancur, sehingga beton efektif mendukung tegangan tekan pada satu sisi dan tarik pada sisi yang lain. Tulangan juga mengalami tegangan tarik sama seperti beton. Pada kondisi ini tegangan yang terjadi pada beton kecil dan berbanding lurus dengan regangan yang terjadi. Distribusi tegangan dan regangan pada beton dan tulangan seperti ditunjukkan pada Gambar 1.c.

Penambahan beban mengakibatkan kuat tarik beton terlampaui dan mulai terjadi retak-retak akibat tarik. Retak-retak menjalar cepat ke atas sampai mendekati garis netral yang mengakibatkan letak garis netral bergeser ke atas diikuti dengan menjalarnya retak-retak. Bentuk umum dan distribusi retak tarik ini diperlihatkan pada Gambar 1.d.

Retak-retak sangat mempengaruhi perilaku balok dalam mendukung beban. Pada tampang yang retak seperti tampang a-a pada Gambar 1.d, beton tidak lagi menyalurkan tegangan tarik sehingga tulangan harus menahan semua tegangan tarik yang terjadi. Tegangan dan regangan berbanding lurus sampai tegangan beton kurang lebih sebesar  $0,5f_c'$ . Distribusi tegangan dan regangan pada atau didekat tampang retak seperti ditunjukkan pada Gambar 1.e.



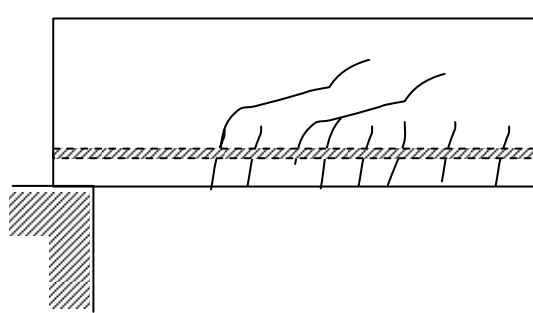
**Gambar 1. Perilaku balok beton bertulang karena pembebanan yang bertambah besar secara berangsur-ansur (Winter dan Nilson,1993)**

Tegangan dan regangan akan naik dan hubungan antara keduanya tidak lagi berbanding lurus apabila beban masih terus ditambah. Distribusi tegangan beton pada daerah

tekan mempunyai bentuk yang sama seperti grafik tegangan-regangan beton. Gambar 1.f menunjukkan distribusi tegangan dan regangan pada saat beban mendekati beban batas.

## 2.5 Retak dan Ragam Keruntuhan Pada Balok Beton Bertulang

Balok yang mempunyai proporsi dan tulangan yang baik, retak-retak tarik lentur akan terbentuk terlebih dahulu. Dengan adanya tulangan memanjang, lebar dan panjang retak tersebut hanya terjadi dalam ukuran yang kecil. Namun demikian apabila tegangan tarik diagonal pada ujung atas dari satu atau lebih retak-retak tersebut melampaui kekuatan tarik beton, retak tersebut akan berubah arah menjadi retak diagonal yang lebar dan panjangnya akan terus bertambah seperti ditunjukkan pada Gambar 2. Retak-retak ini dikenal sebagai retak geser lentur.



**Gambar 2. Retak geser lentur (Winter dan Nilson,1993)**

Retak diagonal sekali terbentuk kemungkinan akan menyebar dengan serentak pada saat itu juga atau pada saat adanya pembebanan sedikit lebih besar, dan memotong seluruh penampang balok dari tulangan tarik sampai ke permukaan tekan. Kemungkinan lain adalah retak akan menyebar menuju sebagian daerah tekan tetapi kemudian berhenti sebelum menembus ke permukaan tekan.

Menurut Nawy (1998) dapat terjadi tiga ragam keruntuhan atau kombinasinya yaitu:

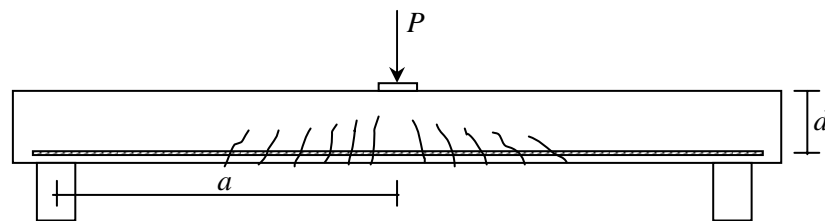
1. keruntuhan lentur
2. keruntuhan tarik diagonal
3. keruntuhan tekan geser

Pada balok langsing cenderung terjadi ragam keruntuhan lentur seperti ditunjukkan pada Gambar 3.a. Pada daerah yang mengalami keruntuhan lentur, retak terutama terjadi pada sepertiga tengah bentang dan tegak lurus terhadap arah tegangan utama. Retak-retak ini diakibatkan oleh tegangan lentur ( $f$ ) yang sangat dominan yang besarnya hampir mendekati tegangan utama horizontal dan tegangan geser ( $v$ ) yang sangat kecil. Apabila bebannya ditambah terus, retak-retak ini akan bertambah, dan retak awal yang sudah terjadi akan semakin lebar dan semakin panjang menuju sumbu netral penampang. Hal ini bersamaan

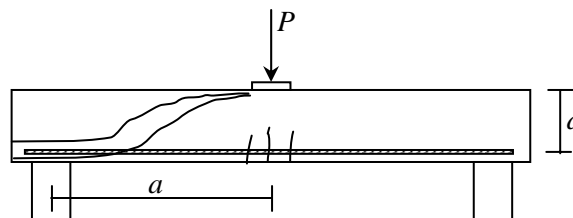


dengan semakin besarnya lendutan di tengah bentang. Jika balok tersebut *under reinforced*, maka keruntuhan merupakan keruntuhan yang daktail (*ductile*) yang ditandai dengan lelehnya tulangan tarik. Perilaku daktail ini memberikan peringatan terlebih dahulu, sebelum terjadinya kehancuran total balok beton (*collapse*).

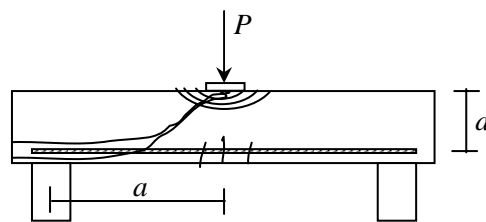
Keruntuhan tarik diagonal terjadi apabila kekuatan balok arah diagonal tarik lebih kecil dari kuat lenturnya seperti ditunjukkan pada Gambar 3.b. Retak-retak mulai terjadi di tengah bentang berarah vertikal yang berupa retak halus, dan diakibatkan oleh lentur. Retak ini diikuti oleh rusaknya lekatan antara baja tulangan dengan beton disekitarnya pada daerah perletakan. Tanpa adanya peringatan sebelum runtuh, 2 atau 3 retak diagonal terjadi pada jarak sekitar  $1,5d$  sampai  $2d$  dari muka perletakan. Untuk mencapai kesetabilan 1 retak diagonal ini melebar ke dalam retak tarik diagonal utama.



a. Keruntuhan lentur



b. Keruntuhan tarik diagonal



c. Keruntuhan tekan geser

**Gambar 3. Ragam keruntuhan balok (Nawy, 1998)**

Keruntuhan tekan geser dimulai dengan timbulnya retak lentur halus vertikal di tengah bentang dan tidak terus menjalar karena terjadinya hilangnya lekatan antara tulangan longitudinal dengan beton disekitarnya pada daerah perletakan, seperti ditunjukkan pada

Gambar 3.c. Setelah itu diikuti dengan retak miring yang lebih curam dari retak tarik diagonal secara tiba-tiba, dan menjalar terus menuju sumbu netral. Kecepatan penjalaran ini semakin berkurang sebagai akibat dari hancurnya beton pada tepi tertekan dan terjadinya redistribusi tegangan pada daerah atas. Pada saat bertemunya retak miring dengan tepi beton yang tertekan, terjadilah keruntuhan secara tiba-tiba.

Pada Tabel 1. berikut ini diberikan ringkasan mengenai pengaruh kelangsingan balok dengan ragam keruntuhannya.

**Tabel 1. Pengaruh kelangsingan balok terhadap ragam keruntuhan (Nawy, 1998)**

Kategori balok	Ragam keruntuhan	Kelangsingan ( $a/d$ )
Langsing	Lentur	$>5,5$
Sedang	Tarik diagonal	$2,5 - 5,5$
Tinggi	Tekan geser	$1,0 - 2,5$

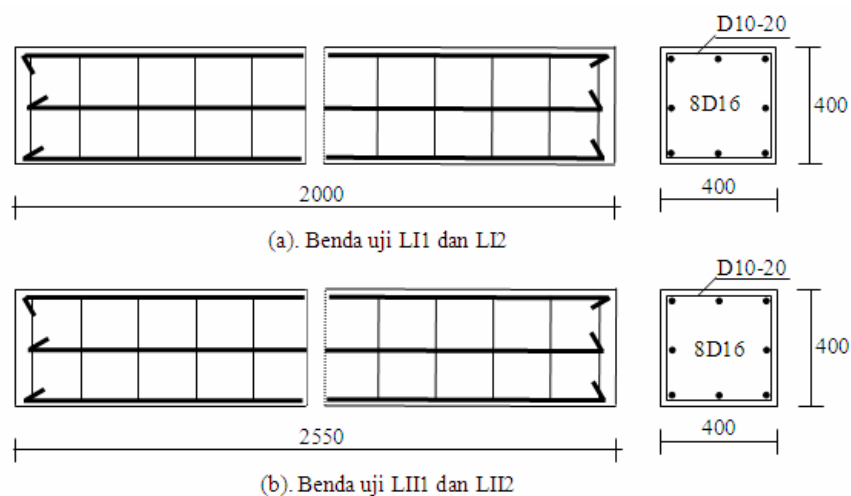
### 3. CARA PENELITIAN

#### 3.1 Benda Uji

Pada penelitian ini jumlah benda uji 4 buah, seperti pada Tabel 2. dan Gambar 4.

**Tabel 2. Ukuran dan tulangan benda uji**

No.	Kode	Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang (mm)	Tulangan Sengkang	Jumlah Tulangan	Jenis Pengujian
1	LI1	400	400	2000	D10-200	8D16	Lentur
2	LI2	400	400	2000	D10-200	8D16	Lentur
3	LII1	400	400	2550	D10-200	8D16	Lentur
4	LII2	400	400	2550	D10-200	8D16	Lentur



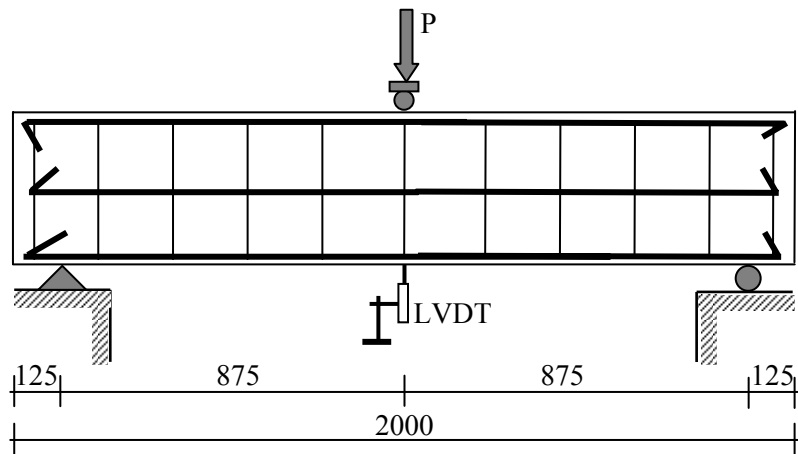
**Gambar 4. Detail benda uji**

### 3.2 Pengujian Benda Uji

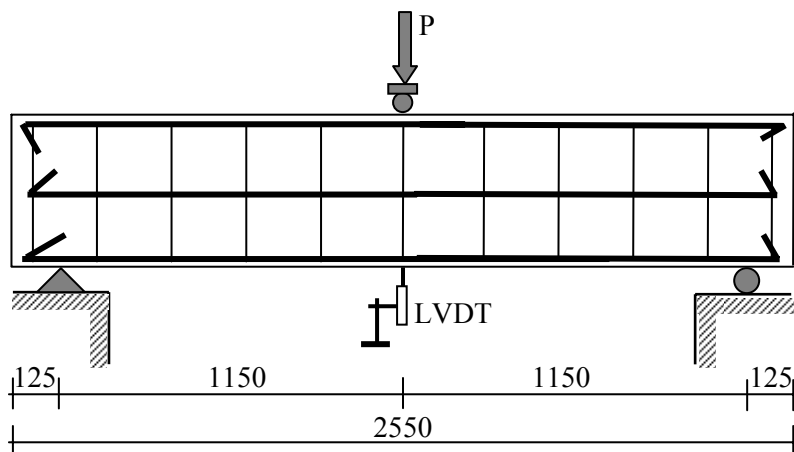
Pengujian dilakukan setelah benda uji berumur lebih dari 28 hari. Pengujian dilakukan dengan menempatkan benda uji pada *loading frame* dan dibebani tegak lurus sumbu benda uji dengan satu titik pembebanan di tengah bentang. Panjang bentang bersih benda uji lentur ada dua jenis yaitu 1,75 m dan 2,3 m, seperti ditunjukkan pada Gambar 5.

Data yang akan didapat dalam pengujian lentur ini meliputi :

1. lendutan selama pembebanan berlangsung
2. besarnya beban pada saat terjadi retak
3. besarnya beban maksimum
4. pola retak



a. Set up pengujian LI1 dan LI2



b. Set up pengujian LII1 dan LII2

**Gambar 5. Set up pengujian**

#### 4. HASIL DAN PEMBAHASAN

##### 4.1 Perhitungan Teoritis Kapasitas Lentur Benda Uji

Perhitungan kapasitas lentur teoritis dengan metode pias dihitung berdasarkan luasan blok tegangan tekan beton, sesuai dengan bentuk diagram tegangan regangan beton hasil uji tekan silinder. Perhitungan kapasitas geser dihitung berdasarkan metode SNI. Kuat tekan rata-rata silinder beton dari hasil pengujian didapat sebesar 1,59 MPa, tegangan leleh rata-rata baja tulangan ulir D16 sebesar 459,31 MPa dengan modulus elastisitas rata-rata sebesar 199493 MPa, dan tegangan leleh rata-rata baja polos D10 sebesar 331 MPa. Untuk lebih jelasnya kapasitas benda uji hasil analisis metode pias seperti pada Tabel 3.

**Tabel 3. Kapasitas benda uji hasil analisis metode pias**

Kapasitas	Benda Uji			
	LI1	LI2	LII1	LII2
$M_n$ (kNm)	90,526	90,526	90,526	90,526
$V_n$ (kN)	89,90	89,90	89,90	89,90
$P_{Mn}$ (kN)	206,92	206,92	157,44	157,44
$P_{Vn}$ (kN)	179,80	179,80	179,80	179,80

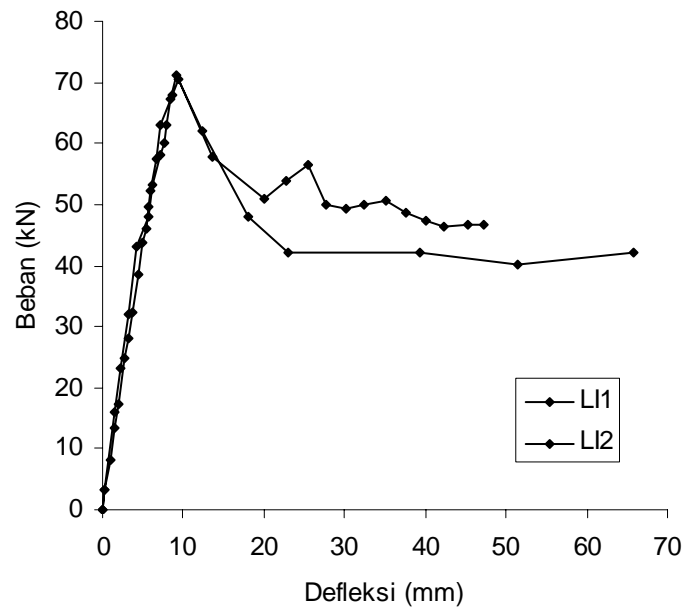
Besar gaya  $P$  untuk benda uji LI1 dan LI2 agar terjadi runtuh lentur ( $P_{Mn} = 206,92$  kN) lebih tinggi dari gaya  $P$  agar terjadi runtuh geser ( $P_{Vn} = 179,80$  kN). Jadi secara teoritis benda uji LI1 dan LI2 akan gagal geser. Besarnya gaya  $P$  untuk benda uji LII1 dan LII2 agar terjadi runtuh lentur ( $P_{Mn} = 157,44$  kN) lebih rendah dari gaya  $P$  agar terjadi runtuh geser ( $P_{Vn} = 179,80$  kN). Jadi secara teoritis benda uji akan gagal lentur.

##### 4.2 Pengujian Lentur

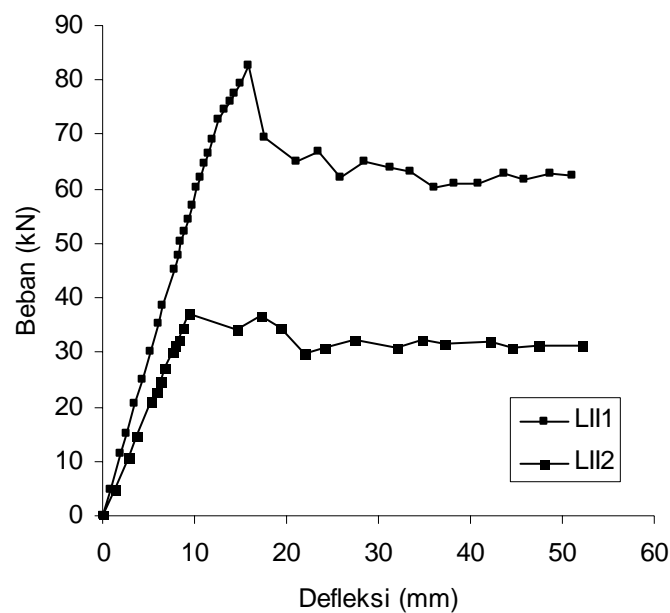
Hasil pengujian lentur beton *styrofoam* ringan dengan tulangan menyebar seperti ditunjukkan pada Tabel 4, Gambar 6, dan Gambar 7.

**Tabel 4. Hasil pengujian lentur balok beton *styrofoam***

No.	Kode	Dimensi			Jarak tump. (m)	Jarak P dari tump. (m)	Hasil Pengujian		Lendutan yang terjadi saat	
		Lebar (mm)	Tinggi (mm)	Panjang (mm)			$P_{Retak\ I}$ (kN)	$P_{Maks}$ (kN)	$P_{Retak\ I}$ (mm)	$P_{Maks}$ (mm)
1	LI1	400	400	2000	1,75	0,875	-	71,16	-	9,11
2	LI2	400	400	2000	1,75	0,875	24,78	70,48	2,80	9,32
3	LII1	400	400	2550	2,30	1,150	45,30	82,60	7,74	15,89
4	LII2	400	400	2550	2,30	1,150	20,81	37,21	5,25	9,38



**Gambar 6. Hubungan beban dengan defleksi benda uji LI1 dan LI2**



**Gambar 7. Hubungan beban dengan defleksi benda uji LII1 dan LII2**

#### 4.3 Perbandingan Hasil Analisis Teoritis dan Pengujian

Perbandingan beban lentur teoritis metode pias dan beban geser berdasarkan SNI (Tabel 3) dengan beban pengujian (Tabel 4) seperti pada Tabel 5. Dari Tabel 5 dapat dilihat bahwa beban balok hasil pengujian jauh di bawah beban teoritis, karena terjadi keruntuhan geser. Rumus geser dengan koefisien  $\alpha = 0,75$  untuk beton ringan tidak sesuai untuk beton

*styrofoam* karena hasilnya jauh lebih besar dari hasil pengujian. Untuk perhitungan kapasitas geser beton *styrofoam* harus dicari besarnya koefisien  $\alpha$  yang sesuai.

**Tabel 5. Perbandingan hasil analisis teoritis dan pengujian**

Benda Uji	Teoritis		Pengujian	Pengujian/Teoritis	
	P <sub>Lentur</sub> (metode pias) (kN)	P <sub>Geser</sub> (metode SNI) (kN)	P <sub>maks</sub> (kN)	P <sub>maks</sub> /P <sub>lentur</sub> (%)	P <sub>maks</sub> /P <sub>geser</sub> (%)
LI1	206,92	179,80	71,16	34,39	39,58
LI2	206,92	179,80	70,48	34,06	39,20
LII1	157,44	179,80	82,60	52,46	45,94
LII2	157,44	179,80	37,21	23,63	20,70

$$V_c = \alpha \frac{1}{6} \sqrt{f_c} b_w d$$

$$V_{s maks} = \alpha \frac{2}{3} \sqrt{f_c} b_w d$$

$$V_n = \alpha (V_c + V_{s maks}) = \alpha \left( \frac{5}{6} \sqrt{f_c} b_w d \right) = \alpha \left( \frac{5}{6} \sqrt{1.59} (400) (285.2) \right) = 119,87 \alpha$$

Kebutuhan gaya P untuk geser balok (P<sub>Vn</sub>):

$$\frac{1}{2} P_{Vn} = V_n$$

$$P_{Vn} = 2 V_n$$

$$= 2 (119,87 \alpha) = 239,74 \alpha$$

Jadi besarnya koefisien  $\alpha$  yang sesuai untuk geser beton *styrofoam* dihitung dengan persamaan berikut ini:

$$\alpha = \frac{P_{pengujian}}{239,74}$$

Besarnya koefisien  $\alpha$  seperti pada Tabel 6.

**Tabel 6. Koefisien  $\alpha$  untuk perhitungan kapasitas geser beton *styrofoam***

Benda uji	P <sub>maks pengujian</sub> (kN)	$\alpha$	$\alpha$ rata-rata
LI1	71,16	0,30	0,27
LI2	70,48	0,29	
LII1	82,60	0,34	
LII2	37,21	0,16	

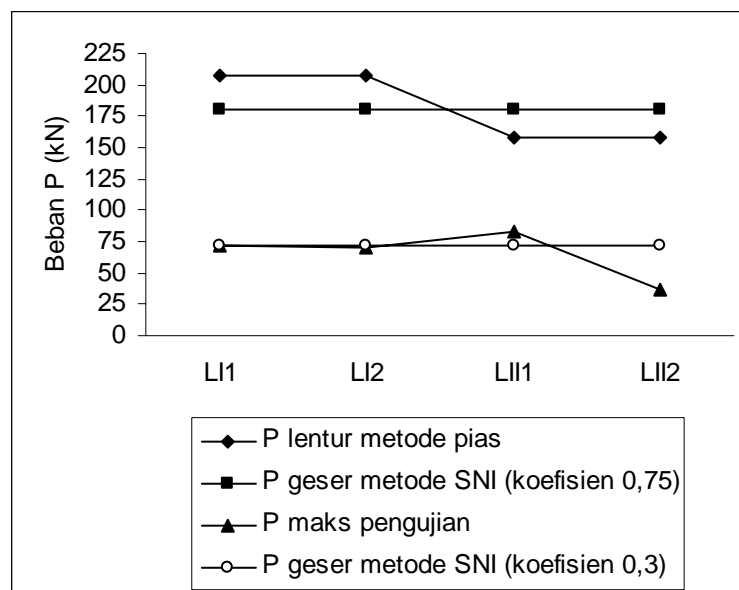
Dari Tabel 6 koefisien  $\alpha_{rata-rata}$  untuk perhitungan kapasitas geser beton *styrofoam* adalah 0,27, tetapi karena nilai  $\alpha$  yang didapat untuk benda uji LII2 jauh lebih kecil dari nilai  $\alpha$  untuk benda uji LI1, LI2 dan LII1 maka nilai  $\alpha$  yang disarankan diambil dari nilai rata-rata LI1, LI2 dan LII1 sebesar 0,3. Dengan menggunakan koefisien  $\alpha = 0,3$  maka kebutuhan gaya P untuk geser ( $P_{Vn}$ ) adalah sebagai berikut:

$$P_{Vn} = 239,74 \cdot \alpha = 239,74 \cdot 0,3 = 71,92 \text{ kN}$$

Perbandingan hasil analisis geser teoritis berdasarkan SNI menggunakan koefisien  $\alpha = 0,3$  dengan hasil pengujian diperoleh hasil seperti pada Tabel 7.

**Tabel 7. Perbandingan beban teoritis geser SNI ( $\alpha = 0,3$ ) dengan beban pengujian**

Benda uji	$P_{maks}$ pengujian (kN)	$P_{teoritis}$ SNI ( $\alpha = 0,3$ )	Pengujian/Teoritis (%)
LI1	71,16	71,92	98,94
LI2	70,48	71,92	98,00
LII1	82,60	71,92	114,85
LII2	37,21	71,92	51,74



**Gambar 8. Perbandingan beban (P)**

#### 4.4 Pola Retak

Retak awal yang terjadi adalah retak lentur yang berupa retak halus disekitar tengah bentang, kemudian muncul retak dekat tumpuan dan retak ini terus merambat dan membesar

menuju ke arah beban di daerah desak dan benda uji runtuh. Untuk lebih jelasnya dapat dilihat pada Gambar 9.



**Gambar 9. Pola retak**

## **5. KESIMPULAN**

1. Beban lentur teoritis metode pias dan beban geser teoritis berdasarkan SNI jauh lebih besar dari beban hasil pengujian
2. Perhitungan kapasitas geser berdasarkan SNI dapat dipakai untuk beton *styrofoam* dengan menggunakan koefisien  $\alpha = 0,3$
3. Retak awal yang terjadi adalah retak lentur yang berupa retak halus disekitar tengah bentang, kemudian muncul retak dekat tumpuan dan retak ini terus merambat dan membesar menuju ke arah beban di daerah desak sehingga benda uji runtuh

## **PUSTAKA**

1. Cowd, M.A., (1991). *Kimia Polimer*, Penerbit ITB, Bandung
2. Hunaiti, Y.M., (1997). *Composite Action of Foamed and Lightweight Aggregate Concrete*, Journal of Material in Civil Engineering, August 1996, pp 111 – 113,
3. Murdock, L.J. dan Brook, K.M., (1986). *Bahan dan Praktek Beton*, edisi ke-4, Erlangga, Jakarta
4. Nawy, Edward G., (1998). *Beton Bertulang suatu Pendekatan Dasar*, Cetakan II, PT Refika Aditama, Bandung,



5. Salet, T.A.M., (1990). *Struktur Analisis of Sandwich Beam Composed of Reinforced Concrete Faces and a Foamed Concrete Core*, Desertation, Univercity Eindhoven, Belanda
6. Tjokrodimuljo, K., (1996). *Teknologi Beton*, Nafiri, Yogyakarta
7. Winter, G. dan Nilson, Arthur H., (1993). *Perencanaan Struktur Beton Bertulang*, PT. Pradnya Paramita, Jakarta.

# **STUDI PROSEDUR PELELANGAN PENGADAAN JASA KONSULTAN PADA PROYEK PEMERINTAH MENURUT KEPPRES NO. 80 TAHUN 2003**

**Maksum Tanubrata<sup>1</sup>, Merianti Elisabeth Hutagalung<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha

Jl. Prof. drg. Soeria Sumantri, MPH., No. 65, Bandung, 40164

telp. (022) 2012186, fax. (022) 2017622

Email : maksum.tanubrata@eng.maranatha.edu

## **ABSTRAK**

Studi ini dilakukan dengan tujuan untuk memahami tahapan – tahapan pelaksanaan pengadaan jasa konsultan pengawas pada proyek pemerintah dan membandingkannya dengan tahapan – tahapan pelaksanaan dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003 yang merupakan pedoman pelaksanaan pengadaan barang/jasa pemerintah. Tahapan – tahapan pelelangan pada umumnya adalah pengumuman diadakan lelang, pendaftaran, pengambilan dan pengembalian dokumen lelang, penjelasan pekerjaan, pemasukan penawaran, pembukaan penawaran, pengumuman peringkat teknis, penetapan pemenang, masa sanggahan oleh peserta, klasifikasi dan negosiasi, keputusan pemenang lelang dan penandatanganan kontrak. Studi kasus diambil dari proyek Peningkatan Pusat Pengembangan Penataran Guru ( PPPG ) Teknologi Bandung, Jl.Pesantren Km.2 Cibabat Cimahi dengan pekerjaan pengawasan. Konsultan pemenang adalah PT.Arjasari Primaraya, dengan waktu pelaksanaan yang direncanakan adalah 290 hari kalender. Setiap tahap yang dilakukan oleh panitia pelelangan pada proyek Peningkatan PPPG dianalisis dan disesuaikan dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003 apakah sudah sesuai dengan petunjuk teknis pada KEPPRES No.80 Tahun 2003 atau tidak. Secara garis besar setiap tahap yang dilakukan oleh panitia lelang telah sesuai dengan petunjuk teknis KEPPRES no.80 Tahun 2003. Berdasarkan analisis dan pembahasan dapat diambil kesimpulan bahwa prosedur pelelangan perencanaan pada proyek Peningkatan PPPG Teknologi Bandung sangat sesuai dengan KEPPRES No.80 tahun 2003, walaupun ada syarat yang tidak dilakukan oleh panitia.

**Kata kunci:** Pelaksanaan, Pelelangan, Keppres 80 tahun 2003.

## **ABSTRACT**

This Study is conducted as a mean to comprehend step by step execution of levying of supervisor consultant service at government project and compare him with step by step execution with KEPPRES No.80 Year 2003 is guidance of execution of levying of goods / governmental service. Step by step auction in general is announcement performed by auction, registration, intake and return of auction document, explanation of work, inclusion of offer, opening of offer, announcement of technical peringkat, stipulating of winner, a period of to expostulation by participant, negotiation and classification, decision of winner auction and signing of contract. Case study taken away by the project of Improvement Of Center Development Of Upgrading Of Teacher ( PPPG ) Technological of Bandung, Jl.Pesantren Km.2 Cibabat Cimahi with work of observation. Winner consultant is PT.ARJASARI Primaraya, with execution time the planned is 290 calender day. Each every phase conducted by auction committee at project is Make-Up of PPPG analysed and adapted for KEPPRES No.80 Year 2003 , what have as according to technical guide at KEPPRES No.80 Year 2003 or not. Marginally each;every phase conducted by committee auction have as according to technical guide of No.80 Year KEPPRES 2003. Pursuant to solution and analysis can be taken conclusion that procedure auction of planning at project is Make-Up Of Technological PPPG of Bandung very as according to KEPPRES No.80 year 2003, despite of un conducted condition by committee.

**Keywords:** Execution, Auction, Keppres 80 year 2003.

## **1. PENDAHULUAN**

Pada masa kebangkitan kembali dari keterpurukan ekonomi di negara kita, maka pemerintah memulai pembangunan dan perbaikan disegala bidang. Perkembangan wilayah dan kota di Indonesia berlanjut seiring dengan majunya jaman. Namun dalam hal perkembangan dan pembangunannya ternyata tidak terlepas dari berbagai tantangan yaitu bagaimana mewujudkan pembangunan agar tercipta masyarakat yang adil dan makmur dan pemerataan pembangunan di pusat dan daerah untuk menghindari ketidakpuasan masyarakat daerah serta agar terlaksananya program pemerintah daerah yang dikenal saat ini yaitu “Otonomi Daerah” dalam hal pemerataan pembangunan disegala bidang.

Pemerintah harus melewati tantangan tersebut di tengah krisis ekonomi yang belum usai dan ketidakpastian politik serta peristiwa-peristiwa alam yang mengguncang Negara Republik Indonesia yang sangat membutuhkan perhatian dari pemerintah baik pusat maupun daerah.

Pemerintah juga dituntut untuk lebih transparan dalam menjalankan tugasnya dan membersihkan diri serta para jajarannya dari unsure korupsi, kolusi dan nepotisme. Oleh sebab itu masyarakat diajak untuk turut terlibat dalam proses pelaksanaan pembangunan .

Maksud dari penulisan ini adalah untuk mengetahui proses pelelangan/ prosedur atau tata cara pelaksanaan lelang konsultan pada proyek-proyek pemerintah (studi kasus gedung asrama PPPG). Tujuan yang diharapkan dari penulisan ini adalah untuk menjelaskan mengenai tahap–tahap pelaksanaan lelang/ tender konsultan yang dilakukan dan dilaksanakan oleh pemerintah berdasarkan KEPPRES No. 80 Tahun 2003.

## **2. TINJAUAN LITERATUR**

### **2.1 Kualifikasi dan Penggolongan Jasa Konsultan**

Adapun kualifikasi jasa konsultan menurut INKINDO ( Ikatan Nasional Konsultan Indonesia ) ditetapkan berdasarkan kemampuan nilai kontrak, yaitu:

1. K–Kecil: s.d Rp. 200.000.000,00 (dua ratus juta rupiah).
2. M–Menengah: Rp. 200.000.000,00 (dua ratus juta rupiah) sampai dengan Rp. 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).
3. B–Besar: di atas Rp. 1.000.000.000,00 (satu miliar rupiah).

Kegiatan kualifikasi konsultan ialah penilaian serta penggolongan konsultan menurut tingkat kemampuan dasarnya pada setiap bidang, sub-bidang, dan lingkup pekerjaan.

Penilaian terhadap kemampuan dasar dan profesionalisme konsultan dapat dilihat pada Tabel 1.

**Tabel 1. Penilaian terhadap kemampuan dasar dan profesionalisme konsultan**

N o .	Kriteria Penilaian	Golongan 1	Golongan 2	Golongan 3	Ket.
1.	Pengalaman	Konsultan yang pernah melaksanakan pekerjaan dengan cara dan hasil baik sebanyak 3 yang masing – masing bernilai diatas lima puluh juta. Bobot = 15	Konsultan yang pernah melaksanakan pekerjaan dengan cara dan hasil baik sebanyak 3 yang masing – masing bernilai sampai dengan lima puluh juta. Bobot = 10	Konsultan yang belum berpengalaman . Bobot = 5	
2.	Tenaga Ahli	Jumlah nilai tenaga ahli diatas 1000. Bobot = 75	Jumlah nilai tenaga ahli di antara 700 dan 1000. Bobot = 60	Jumlah nilai tenaga ahli di antara 50 dan 699. Bobot = 45	Kepala = 100 Utama = 75 Muda = 30 Teknisi = 10
3.	Kuangan	Konsultan yang memiliki kekayaan bersih dengan nilai di atas Rp.100 juta. Bobot = 5.	Konsultan yang memiliki kekayaan bersih dengan nilai di atas Rp. 25 juta. sampai dengan Rp. 100 juta. Bobot = 5.	Konsultan yang memiliki kekayaan bersih dengan nilai antara Rp. 5 juta sampai dengan Rp.25 juta Bobot = 3.	

Perhitungan kekayaan bersih didasarkan pada penilaian neraca keuangan terakhir dan laporan keuangan lainnya dengan berpedoman pada rumusan sebagai berikut :

$$Kekayaan\ bersih = (a + b + c) - (d + e) \quad (1).$$

dimana: a = aktiva lancar

b = aktiva tetap

c = aktiva lainnya

d = utang jangka pendek

e = utang jangka panjang

Konsultan digolongkan atas A, B, dan C yang ditentukan atas dasar jumlah bobot yang dapat dikumpulkan. Penetapannya adalah sebagai berikut:

1. Golongan A : 89 – 100

2. Golongan B : 68 – 88
3. Golongan C : 56 – 67

Penggolongan nilai pekerjaan jasa konsultansi yang dapat dilaksanakan oleh tiap – tiap kualifikasi adalah sebagai berikut :

1. Golongan A di atas Rp. 100 juta.
2. Golongan B di atas Rp. 50 juta sampai dengan Rp. 100 juta.
3. Golongan C sampai dengan Rp. 50 juta.

## **2.2 Sumber-sumber Hukum Pelelangan**

Peraturan yang mengatur pelaksanaan pelelangan di Indonesia diatur oleh Keputusan Presiden Republik Indonesia tentang Pelaksanaan Anggaran dan Belanja Negara ( Keppres tentang Pelaksanaan APBN ). Keppres yang mengatur pengadaan barang dan jasa telah beberapa kali mengalami penyempurnaan, contohnya Keppres No.14 A Tahun 1980, tanggal 14 April 1980 disempurnakan menjadi Keppres No.18 Tahun 1981, tanggal 5 Mei 1981. Tahun anggaran 1984/1985 telah dikeluarkan Keppres No.29 Tahun 1984, tanggal 21 April 1984 sebagai pengganti Keppres No.14 A Tahun 1980 dan Keppres No.18 Tahun 1981. Kemudian disempurnakan kembali dengan dikeluarkannya Keppres No.16 Tahun 1994 dilanjutkan Keppres No.6 Tahun 1999. Kemudian disempurnakan kembali dengan dikeluarkannya Keppres No.18 Tahun 2000 , Keppres No.80 Tahun 2003., dan terakhir Keppres no 8 tahun 2006.

## **2.3 Prosedur Pelelangan Berdasarkan KEPPRES No. 80 Tahun 2003**

Dengan semakin berkembangnya ilmu pengetahuan dan teknologi mengakibatkan Pemerintah harus memperbaharui peraturan-peraturan mengenai pedoman pelaksanaan pengadaan barang/jasa yang ada agar dapat lebih membantu masyarakat mengenai tata cara pelaksanaan atau pengadaan barang/jasa. Oleh karena itu Pemerintah memperbaharui KEPPRES No.18 Tahun 2000 dengan mengeluarkan KEPPRES No.80 Tahun 2003, lalu perbaikan Keppres No 80 dengan Keppres no 8 tahun 2006.

### **2.3.1 Persyaratan Penyedia Barang Atau Jasa**

Persyaratan penyedia barang/jasa dalam pelaksanaan pengadaan adalah sebagai berikut:

1. Memenuhi peraturan perundang-undangan untuk menjalankan usaha/kegiatan sebagai penyedia barang/jasa.

2. Memiliki keahlian, pengalaman, kemampuan teknis dan manajerial untuk menyediakan barang/jasa.
3. Tidak dalam pengawasan pengadilan, tidak pailit, kegiatan usahanya tidak sedang dihentikan, dan/atau direksi yang bertindak untuk dan atas nama perusahaan tidak sedang dalam menjalani sanksi pidana.
4. Secara hukum mempunyai kapasitas menandatangani kontrak.
5. Sebagai wajib pajak sudah memenuhi kewajiban perpajakan tahun terakhir, dibuktikan dengan melampirkan fotokopi bukti tanda terima penyampaian Surat Pajak Tahunan ( SPT ), Pajak Penghasilan ( PPh ) tahun terakhir, dan fotokopi Surat Setoran Pajak ( SSP ) PPh pasal 29.
6. Dalam kurun waktu 4 ( empat ) tahun terakhir pernah memperoleh pekerjaan menyediakan barang/jasa baik di lingkungan pemerintah maupun swasta termasuk pengalaman subkontrak, kecuali penyedia barang/jasa yang baru berdiri kurang dari 3 ( tiga ) tahun.
7. Memiliki sumber daya manusia, modal, peralatan, dan fasilitas lainnya yang diperlukan dalam pengadaan barang/jasa.
8. Tidak masuk dalam daftar hitam instansi pemerintah manapun.
9. Memiliki alamat tetap dan jelas serta dapat dijangkau dengan pos.
10. Khusus untuk penyedia barang/jasa orang perorangan persyaratannya sama dengan di atas kecuali huruf f.
11. Pegawai negeri, pegawai BI, pegawai BHMN, BUMN, BUMD dilarang menjadi penyedia barang/jasa, kecuali yang bersangkutan mengambil cuti di luar tanggungan Negara/BI/BHMN/BUMN/UMD.
12. Penyedia barang/jasa yang keikutsertaannya menimbulkan pertentangan kepentingan dilarang menjadi penyedia barang/jasa. Yang dimaksud dengan pertentangan kepentingan antara lain:
  - a. Penyedia barang/jasa yang telah ditunjuk sebagai konsultan perencana tidak boleh menjadi penyedia barang/jasa pemborongan untuk pekerjaan fisik yang direncanakan.
  - b. Penyedia barang/jasa yang ditunjuk sebagai konsultan pengawas tidak boleh menjadi penyedia barang/jasa pemborongan untuk pekerjaan fisik yang diawasi.
13. Terpenuhnya persyaratan penyedia barang/jasa dinilai melalui proses prakualifikasi atau pascakualifikasi oleh panitia/pejabat pengadaan.
14. Termasuk dalam penyedia barang/jasa yang sesuai dengan nilai paket pekerjaan.

15. Memiliki surat dukungan keuangan dari bank pemerinatah/swasta untuk mengikuti pengadaan barang/jasa sekurang-kurangnya 10 % dari nilai proyek/kegiatan untuk pekerjaan jasa pemborongan dan 5 % untuk pekerjaan pemasokan barang/jasa lainnya, kecuali untuk penyedia barang/jasa usaha kecil termasuk koperasi kecil.

### **2.3.2 Penyusunan Harga Perkiraan Sendiri**

Pengguna barang/jasa wajib memiliki harga perkiraan sendiri ( HPS ) yang dikalkulasikan secara keahlian dan berdasarkan data yang dapat dipertanggungjawabkan. Data yang digunakan sebagai dasar penyusunan HPS antara lain sebagai berikut:

1. Harga pasar setempat menjelang dilaksanakannya pelaksanaan.
2. Informasi biaya satuan yang dipublikasikan secara resmi oleh Badan Pusat Statistik (BPS), asosiasi terkait dan sumber data lain yang dapat dipertanggungjawabkan.
3. Daftar biaya/tarif barang/jasa yang dikeluarkan oleh agen tunggal atau pabrikan.
4. Biaya kontrak sebelumnya yang sedang berjalan dengan mempertimbangkan factor perubahan biaya, apabila terjadi perubahan biaya.
5. Daftar biaya standar yang dikeluarkan oleh instansi yang berwenang.

HPS disusun oleh panitia/pejabat pengadaan dan ditetapkan oleh pengguna barang/jasa. HPS digunakan sebagai alat untuk menilai kewajaran harga penawaran termasuk rinciannya dan untuk menetapkan besaran tambahan nilai jaminan pelaksanaan bagi penawaran yang dinilai terlalu rendah, tetapi tidak dapat dijadikan dasar untuk menggugurkan penawaran. Nilai total HPS terbuka dan diumumkan sejak rapat penjelasan lelang, sedangkan rincian HPS tidak boleh dibuka dan bersifat rahasia.

### **2.3.3 Persiapan Pelaksanaan Pemilihan Jasa Konsultansi**

Pengguna barang/jasa menyusun Kerangka Acuan Kerja ( KAK ) dan menunjuk panitia pengadaan/pejabat pengadaan. Panitia/pejabat pengadaan menyusun Harga Perkiraan Sendiri ( HPS ) dan dokumen pemilihan penyedia jasa konsultansi meliputi KAK, syarat administrasi, syarat teknis, syarat keuangan, metoda pemilihan penyedia jasa konsultansi, metoda penyampaian dokumen penawaran, metoda evaluasi penawaran, dan jenis kontrak yang akan digunakan.

### **2.3.4 Metoda Pemilihan Penyedia Jasa Konsultansi**

Pemilihan penyedia jasa konsultansi pada prinsipnya harus dilakukan melalui seleksi umum. Dalam keadaan tertentu pemilihan penyedia jasa konsultansi dapat dilakukan melalui

seleksi terbatas, seleksi langsung atau penunjukan langsung. Seleksi umum adalah metoda pemilihan penyedia jasa konsultansi yang daftar pendek pesertanya dipilih melalui proses prakualifikasi secara terbuka yaitu diumumkan secara luas melalui media massa dan papan pengumuman resmi untuk penerangan umum sehingga masyarakat luas mengetahui dan penyedia jasa konsultansi yang berminat dan memenuhi kualifikasi dapat mengikutinya. Pengumuman penyedia jasa konsultansi harus dapat memberikan informasi kepada masyarakat luas, terutama penyedia jasa konsultansi baik dari daerah setempat maupun dari daerah lainnya.

Seleksi terbatas adalah metoda pemilihan penyedia jasa konsultansi untuk pekerjaan yang kompleks dan diyakini jumlah penyedia jasa yang mampu melaksanakan pekerjaan tersebut jumlahnya terbatas. Dalam hal metoda seleksi umum atau seleksi terbatas dinilai tidak efisien dari segi biaya seleksi, maka pemilihan penyedia jasa konsultansi dapat dilakukan dengan seleksi langsung yaitu metoda pemilihan penyedia jasa konsultansi yang daftar pendek pesertanya ditentukan melalui proses prakualifikasi terhadap penyedia jasa konsultansi yang dipilih langsung dan diumumkan sekurang – kurangnya di papan pengumuman resmi untuk penerangan umum atau media elektronik ( internet ).

Dalam keadaan tertentu dan keadaan khusus, pemilihan penyedia jasa konsultansi dapat dilakukan dengan menunjuk satu penyedia jasa konsultansi yang memenuhi kualifikasi dan dilakukan negosiasi baik dari segi teknis maupun biaya sehingga diperoleh biaya yang wajar dan secara teknis dapat dipertanggungjawabkan.

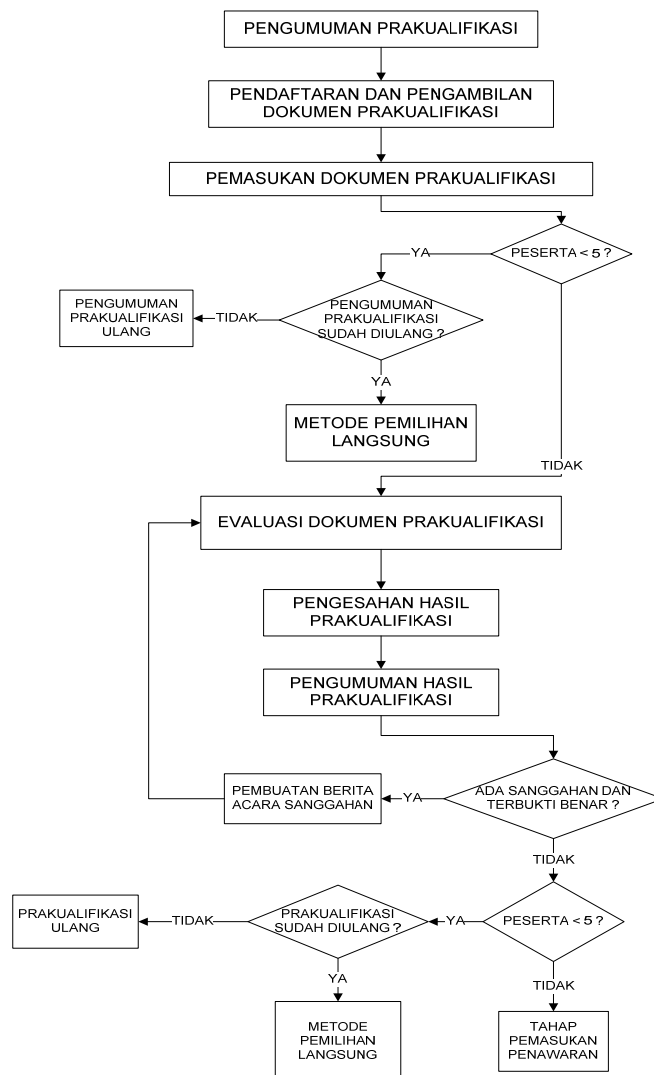
### **2.3.5 Posedur Pemilihan Penyedia Jasa Konsultansi**

Prosedur pemilihan penyedia jasa konsultansi dengan metoda seleksi umum, yaitu meliputi: metoda evaluasi kualitas dan metoda dua sampul.

- a. Pengumuman prakualifikasi.
- b. Pengambilan dokumen prakualifikasi.
- c. Pemasukan dokumen prakualifikasi.
- d. Evaluasi prakualifikasi.
- e. Penetapan hasil prakualifikasi.
- f. Pengumuman hasil prakualifikasi.
- g. Masa sanggah prakualifikasi.
- h. Undangan kepada konsultan yang masuk daftar pendek.
- i. Pengambilan dokumen seleksi umum.
- j. Penjelasan

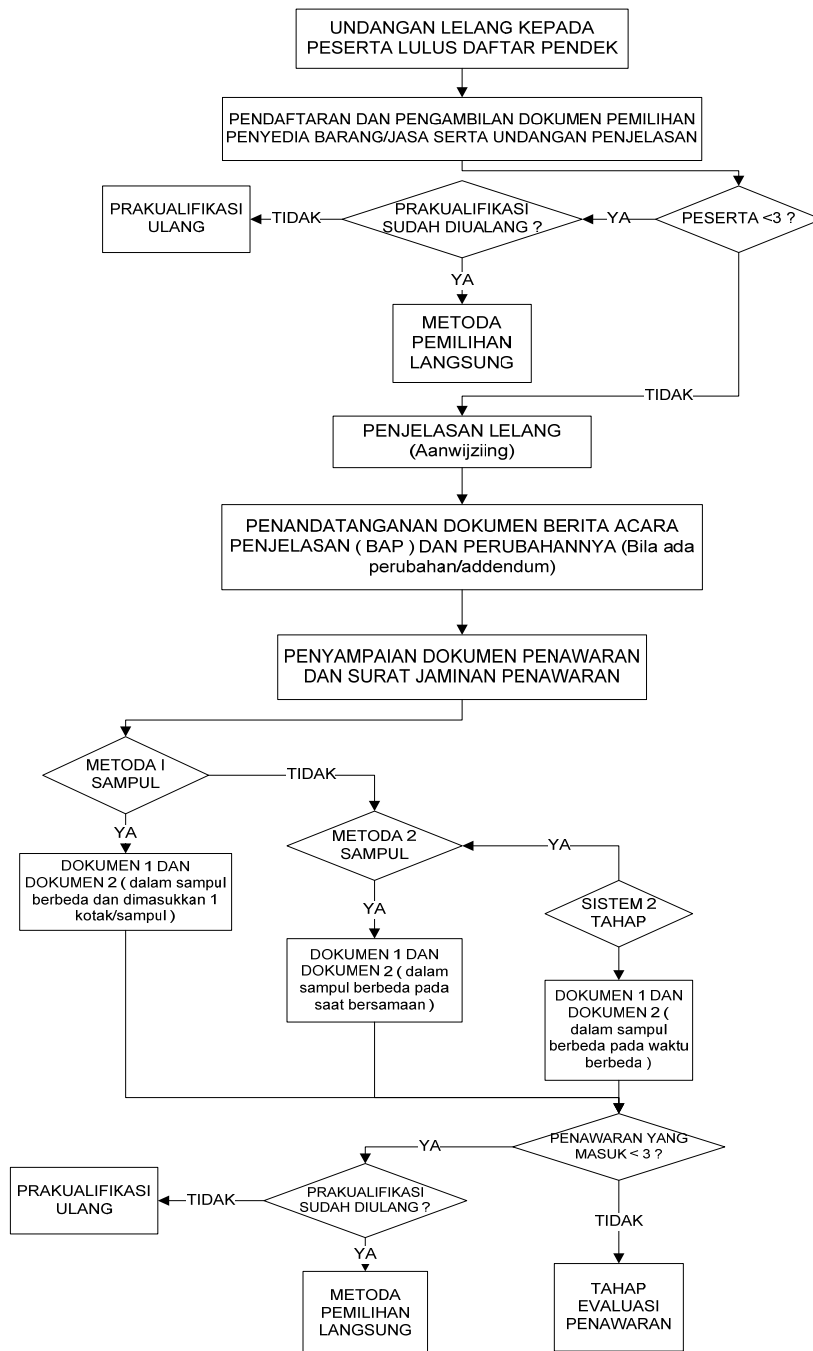


- k. Penyusunan berita acara penjelasan dokumen seleksi dan perubahannya.
- l. Pemasukan penawaran.
- m. Pembukaan penawaran administrasi dan teknis ( sampel I ).
- n. Evaluasi administrasi dan teknis.
- o. Penetapan peringkat teknis.
- p. Pemberitahuan/pengumuman peringkat teknis ( pemenang ).
- q. Masa sanggah.
- r. Pembukaan penawaran harga ( sampel II ) peringkat teknis terbaik.
- s. Klarifikasi dan negosiasi teknis dan biaya.
- t. Penunjukan pemenang.
- u. Penandatanganan kontrak.



**Gambar 1. Tahap-tahap prakualifikasi pelelangan berdasarkan**

## KEPPRES No. 80 Tahun 2003



**Gambar 2. Tahap – tahap memasukkan dan penyampaian dokumen penawaran berdasarkan KPPRES No. 80 Tahun 2003**

### 3. STUDI KASUS DAN PEMBAHASAN

Berdasarkan hasil analisis tahapan – tahapan pelelangan yang berdasarkan pada KEPPRES No.80 Tahun 2003 maka dapat dibahas hal – hal sebagai berikut:

### **1. Pengumuman Prakualifikasi**

Pada pelelangan jasa konstruksi untuk proyek Peningkatan Pusat Pengembangan Penataran Guru Teknologi Bandung, pengumuman prakualifikasi ditempel pada tanggal 17 Mei 2004 pada papan pengumuman resmi yang terdapat di Kantor Proyek Peningkatan PPPGT Bandung dan juga melalui DPD INKINDO pada tanggal 17 Mei 2004 untuk diketahui oleh masyarakat luas dan badan usaha yang berminat.

Hal ini sesuai dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003 bahwa pengadaan barang/jasa atau pelelangan dilakukan secara terbuka dengan pengumuman secara luas melalui media cetak dan papan pengumuman resmi untuk penerangan umum serta jika memungkinkan melalui media elektronik, sehingga masyarakat atau dunia usaha yang berminat dan memenuhi syarat dapat mengikutinya. Pada KEPPRES No.80 Tahun 2003 lebih merinci jangka waktu pengumuman prakualifikasi yaitu selambat – lambatanya 7 ( tujuh ) hari kerja dan jangka waktu pengambilan formulir prakualifikasi yaitu selambat – lambatanya 9 ( sembilan ) hari kerja.

### **2. Proses Prakualifikasi**

Pada tanggal 31 Mei 2004 panitia pelelangan Pengembangan dan Pembangunan Gedung Asrama dan Pendidikan PPPG Teknologi Bandung mengadakan rapat pemeriksaan persyaratan administrasi berdasarkan dokumen prakualifikasi yang diminta dari 6 ( enam ) rekanan yang mendaftar.

Panitia memutuskan dari 6 ( enam ) rekanan yang mengambil dokumen prakualifikasi, 5 ( lima ) rekanan yang memenuhi persyaratan dan 1 ( satu ) rekanan dinyatakan tidak memenuhi persyaratan karena tidak memasukkan dokumen prakualifikasi sampai pada batas waktu yang ditentukan.

Hal ini sesuai dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003 bahwa pada proses prakualifikasi panitia pengadaan/pelelangan melakukan pemeriksaan kelengkapan dokumen dan ketentuan – ketentuan yang telah ditetapkan sebelumnya terhadap para peserta lelang yang telah mendaftarkan diri.

### **3. Pengumuman Para Pemenang Prakualifikasi**

Setelah dilakukan pemeriksaan terhadap para peserta lelang maka hal selanjutnya yang dilakukan panitia pelelangan adalah mengumumkan hasil prakualifikasi yaitu dari 6 ( enam ) rekanan yang mengambil dokumen dan 5 ( lima ) yang memasukkan dokumen prakualifikasi, 5 ( lima ) rekanan yang memenuhi persyaratan dan 1 ( satu ) rekanan dinyatakan tidak memenuhi persyaratan karena tidak memasukkan dokumen sampai pada batas akhir waktu memasukkan dokumen. Untuk peserta yang lulus prakualifikasi dapat

mengambil Dokumen Seleksi Umum dan Undangan Penjelasan Pekerjaan ( aanwijzing ) setelah tidak adanya sanggahan dari para peserta lelang dan bagi peserta yang tidak lulus prakualifikasi, panitia menyampaikannya melalui surat pemberitahuan yang dikirim ke alamat peserta yang tidak lulus.

Pada KEPPRES No.80 Tahun 2003 selain membahas mengenai pengumuman bagi calon peserta lelang yang lulus tahap prakualifikasi juga membahas mengenai apabila ada peserta yang tidak setuju dengan hasil prakualifikasi dapat mengajukan sanggahan kepada pengguna barang/jasa.

Maka pada tahap ini sangat sesuai dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003 karena setelah pengumuman prakualifikasi panitia pelelangan memberikan masa sanggah kepada peserta lelang.

#### **4. Penjelasan Pekerjaan**

Penjelasan pekerjaan dilaksanakan pada tanggal 17 Juni 2004 dengan mengundang para peserta yang telah masuk dalam daftar pendek yang mencakup penjelasan administrasi dan teknis.

Hal ini sesuai dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003 bahwa penjelasan lelang dilakukan di tempat dan waktu yang telah ditentukan, dihadiri oleh para calon penyedia barang/jasa yang terdaftar dalam daftar pendek, yang sekurang – kurangnya mencakup penjelasan:

- a. Nama Proyek adalah Proyek Pengembangan dan Renovasi Gedung Asrama Pendidikan PPPG Teknologi Bandung.
- b. Jenis dan lokasi pekerjaan adalah Pengawasan Pengembangan dan Renovasi Gedung Asrama Pendidikan PPPG Teknologi Bandung Jl. Pasantren Km.2 Cibabat, Kota Cimahi.
- c. Pemberi tugas adalah Departemen Pendidikan Nasional Direktorat Jendral Pendidikan Dasar dan Menengah Pusat Pengembangan Penataran Guru Teknologi ( PPPGT ) Bandung.
- d. Konsultan Perencana.
- e. Panitia Lelang yang ditunjuk oleh pimpinan proyek.
- f. Kontraktor.
- g. Dokumen Lelang
- h. Pemasukan dan Pembukaan Surat Penawaran Harga waktunya ditetapkan hari Jumat, tanggal 25 Juni 2004 jam 10.00 WIB bertempat di Ruang Rapat PPPG Teknologi Bandung Jalan Pasantren Km.2 Cibabat, Kota Cimahi.

## **5. Pemasukan dan Pembukaan Dokumen Administrasi dan Teknis**

Penawaran dilakukan dengan metode 2 ( dua ) sampul dimana sampul pertama berisi dokumen administrasi dan teknis, sampul kedua berisi dokumen penawaran harga/biaya.

Hal ini sesuai dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003 bahwa panitia pelelangan dapat memilih salah satu dari 3 metode penyampaian dokumen penawaran yang harus ditetapkan dalam dokumen lelang yaitu:

- a. Metode Satu Sampul
- b. Metode Dua Sampul
- c. Metode Dua Tahap

## **6. Evaluasi Administrasi dan Teknis**

Pada hari Selasa tanggal 29 Juni 2004 , panitia menyelenggarakan rapat pengevaluasian terhadap dokumen penawaran administrasi dan teknis.

Tata cara penilaiannya adalah sebagai berikut: Penetapan calon pemenang dengan cara penelitian terhadap bobot penilaian unsur – unsur sebagai berikut:

- a. Pengalaman Perusahaan Konsultan
- b. Pendekatan dan Metodologi
- c. Kualifikasi Tenaga Ahli

Dari hasil penelitian kelengkapan administrasi dan teknis menunjukkan bahwa dari 5 ( lima ) perusahaan peserta pelelangan yang memasukkan penawaran ternyata semua peserta pelelangan dinyatakan telah memenuhi syarat.

Hal ini sesuai dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003 bahwa pelaksanaan evaluasi administrasi dan teknis dilakukan oleh panitia terhadap semua penawaran yang dinyatakan lulus pada saat pembukaan penawaran, metode dan tata cara evaluasi yang telah ditetapkan dalam dokumen lelang.

## **7. Penetapan dan Pengumuman Peringkat Teknis**

Setelah evaluasi administrasi dan teknis, maka panitia pelelangan dapat menentukan urutan calon pemenang berdasarkan nilai bobot yang diperoleh masing – masing perusahaan. Panitia pelelangan lalu memberitahukan /mengumumkan kepada peserta pelelangan peringkat teknis masing – masing perusahaan.

Hal ini sesuai dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003 bahwa berdasarkan evaluasi penawaran teknis, panitia/pejabat pengadaan menetapkan urutan konsultan yang dituangkan dalam berita acara evaluasi penawaran teknis dan hasil evaluasi teknis telah ditetapkan oleh pengguna jasa konsultansi disampaikan kepada seluruh peserta.

## **8. Pembukaan Penawaran Harga/Biaya ( Sampul II )**

Panitia mengundang para peserta lelang yang telah lulus evaluasi teknis untuk mengikuti penawaran biaya ( sampul II ) pada tanggal 2 Juli 2004. Pada hari itu juga panitia menyatakan bahwa Pemasukan Surat Penawaran Harga ditutup dan panitia mencocokkan peserta dengan daftar hadir. Ketua panitia menunjuk seorang anggota Panitia dan peserta diminta untuk membuka sampul penawaran harga dan Dokumen Penawaran Harga tersebut sesuai dengan ketentuan KEPPRES No.80 Tahun 2003.

Ketua panitia membentuk panitia kecil yang terdiri dari seorang anggota panitia dan 2 ( dua ) orang wakil dari peserta kemudian para anggota panitia yang hadir meneliti bersama surat penawaran harga yang diterima untuk menetapkan sah atau tidaknya penawaran tersebut.

Setelah melakukan penelitian ternyata seluruh dokumen penawaran yang diajukan peserta seleksi langsung adalah sah dan besarnya penawaran harga sudah memenuhi persyaratan sesuai dengan ketentuan dalam KEPPRES No.80 Tahun 2003.

## **9. Evaluasi Biaya dan Perhitungan Kombinasi Usulan Teknis dan Biaya**

Pada hari Sabtu tanggal 03 Juli 2004 , bertempat di Ruang Sidang Wisma Pangrayungan PPPG Teknologi Bandung, panitia mengadakan penelitian terhadap surat penawaran harga dan mengadakan perhitungan kombinasi antara penawaran teknis dan biaya.

Penelitian dan evaluasi dilakukan terhadap 5 ( lima ) rekanan yang telah sah dan memenuhi syarat. Dasar – dasar perhitungan/penilaian yang dipergunakan adalah sabagai berikut :

1. Perhitungan/penilaian dilakukan berdasarkan rumus yang terdapat dalam KEPPRES No.80 Tahun 2003.
2. Harga Penawaran yang diterima tidak boleh mengandung kesalahan yang fatal baik dalam perincian, perhitungan, perkalian maupun penjumlahan.

Setelah dilakukan penelitian terhadap harga penawaran maka selanjutnya dilakukan penentuan peringkat calon pemenang berdasarkan pada jumlah nilai akhir tiap unsur yang dinilai.

## **10. Pengusulan Penetapan Pemenang**

Berdasarkan nilai tertinggi yang diperoleh dari hasil perhitungan kombinasi teknis dan biaya serta sesuai dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003, maka panitia segera melakukan usulan calon pemenang kepada Pimpinan Proyek Peningkatan PPPGT Bandung serta negosiasi teknis dan biaya dengan konsultan peringkat pertama agar diperoleh biaya yang wajar yaitu kepada PT. Arjasari Primaraya, sehingga pada tahap ini telah sesuai dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003.

### **11. Penetapan Calon Pemenang**

Pimpinan Proyek Peningkatan PPPGT Bandung pada tanggal 6 Juli 2004 menyetujui usul panitia pengadaan dan menetapkan calon pemenang/pelaksana Pekerjaan Pengawasan Pengembangan Pembangunan Gedung Asrama Pendidikan PPPGT Bandung dengan memperhatikan ketentuan – ketentuan yang berlaku di Indonesia dan pemenangnya adalah PT. Arjasari Primaraya.

Pada KEPPRES No.80 Tahun 2003 yang menetapkan calon pemenang adalah pengguna barang/jasa atas usul dari panitia pengadaan yang menguntungkan bagi negara, dalam arti :

1. Penawaran memenuhi syarat administrasi dan teknis yang ditentukan dalam dokumen.
2. Perhitungan harga yang ditawarkan adalah yang terendah dan yang responsif..
3. Telah memperhatikan penggunaan semaksimal mungkin hasil produksi dalam negeri.

Sehingga dalam hal ini sesuai dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003.

### **12. Pengumuman Pemenang**

Pada tanggal 7 Juli 2004 panitia pengadaan mengumumkan pemenang lelang yaitu PT. Arjasari Primaraya.

Hal ini sesuai dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003 bahwa pemenang lelang diumumkan dan diberitahukan oleh panitia/pejabat pengadaan kepada peserta selambat – lambatnya 2 ( dua ) hari kerja setelah penetapan pemenang oleh pimpinan proyek.

### **13. Masa Sanggah**

Kepada peserta lelang yang keberatan atas penetapan pemenang lelang, dapat mengajukan sanggahan kepada Pimpinan Proyek Peningkatan PPPGT Bandung selambat – lambatnya tanggal 12 Juli 2004.

Hal ini sesuai dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003 bahwa bila ada peserta lelang yang keberatan atas penetapan pemenang lelang diberi kesempatan untuk mengajukan sanggahan secara tertulis yang berdasarkan ketentuan yang terdapat dalam KEPPRES. Pengajuan sanggahan dilakukan selambat – lambatnya 5 ( lima ) hari kerja setelah pengumuman pemenang.

### **14. Klarifikasi dan Negosiasi Teknis dan Biaya dengan Pemenang**

Pada hari Selasa tanggal 13 Juli 2004 panitia mengadakan klarifikasi dan negosiasi teknis dan biaya dengan pemenang terhadap penawaran teknis dan biaya yang diajukan pemenang.

Dengan berpedoman kepada ketentuan dari Petunjuk Teknis pelaksanaan Keppres No. 80 Tahun 2003, maka Panitia Lelang dan Seleksi Konsultan melakukan klarifikasi dan negosiasi teknis dan harga yang diajukan oleh Konsultan Pengawas (Calon Penyedia Jasa Pengawasan) dengan memperhatikan 3 ( tiga ) aspek yang perlu dinegosiasi yaitu :

1. Kesesuaian rencana kerja dengan jenis pengeluaran biaya.
2. Volume kegiatan dan jenis pengeluaran.
3. Harga satuan dibandingkan dengan harga yang berlaku dipasaran/kewajaran harga.

Hasil Klarifikasi teknis adalah sesuai dengan Kerangka Acuan Kerja ( KAK ), sedangkan hasil negosiasi adalah alokasi waktu pekerjaan adalah 290 ( dua ratus sembilan puluh ) hari kerja dan hasil negosiasi penawaran biaya adalah dari penawaran sebesar Rp. 73.794.600,- ( Tujuh puluh tiga juta tujuh ratus sembilan puluh empat ribu enam ratus rupiah ) menjadi Rp. 72.754.00,- ( Tujuh puluh dua juta tujuh ratus lima puluh empat ribu rupiah ).

Berdasarkan petunjuk teknis KEPPRES No.80 tahun 2003, apabila dengan pemenang pertama tidak terdapat kesepakatan maka dilakukan klarifikasi dan negosiasi teknis dan biaya dengan pemenang kedua dan ketiga sampai terjadi kesepakatan di antara kedua belah pihak.

Pada Proyek Peningkatan PPPGT Bandung ini terjadi kesepakatan antara pemenang pertama dengan panitia pengadaan jadi tidak perlu diadakan klarifikasi dan negosiasi teknis dan biaya dengan pemenang kedua ataupun ketiga, hal ini sesuai dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003.

#### **15. Penunjukan Pemenang Lelang ( SPPBJ )**

Pada tanggal 14 Juli 2004 panitia pengadaan menyatakan bahwa setelah didapat kesepakatan dalam klarifikasi teknis dan biaya dengan pemenang pertama sehingga panitia memutuskan setuju atas hasil tersebut bahwa PT. Arjasari Primaraya ditunjuk sebagai pelaksana Pekerjaan Pengawasan Proyek Pengembangan PPPGT Bandung berdasarkan pemilihan pemenang pelelangan umum yang dilakukan pada tanggal 11 Juni 2004.

Pada KEPPRES No.80 tahun 2003 membahas bahwa Pengguna barang/jasa mengeluarkan Surat Penunjukan Penyedia Barang/Jasa ( SPPBJ ) sebagai pelaksana pekerjaan lelang, dengan ketentuan :

1. Tidak ada sanggahan dari peserta lelang
2. Sanggahan yang diterima pejabat yang berwenang tidak benar, atau sanggahan diterima melewati masa sanggah.

Peserta lelang yang ditetapkan sebagai penyedia barang/jasa wajib menerima keputusan tersebut.



## **16. Penandatanganan Kontrak**

Pada hari Senin tanggal 19 Juli 2004 terjadi penandatanganan kontrak kerja antara pemimpin proyek ( Pemberi Kerja ) sebagai pihak pertama dengan PT. Arjasari Primaraya sebagai Penyedia Barang/Jasa ( Konsultan ) sebagai pihak kedua, dimana tugas pekerjaan yang akan dilaksanakan oleh pihak kedua sebagaimana yang tercantum di dalam Kerangka Acuan Kerja ( KAK ).

Hal ini sesuai dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003 bahwa para pihak menandatangani kontrak selambat – lambatnya 14 ( empat belas ) hari kerja terhitung sejak diterbitkannya Surat Keputusan Penetapan Penyedia Barang/Jasa ( SPPBJ ).

## **4. KESIMPULAN**

Setelah mengevaluasi dan menganalisa prosedur pelelangan konsultan pada proyek pemerintah yaitu proyek Peningkatan PPPGT Bandung untuk Pekerjaan Pengawasan Pengembangan dan Pembangunan Gedung Asrama Pendidikan PPPG Teknologi Bandung berdasarkan KEPPRES No.80 Tahun 2003, maka diperoleh kesimpulan bahwa hal dasar yang harus diperhatikan dalam tahapan – tahapan yang dilakukan oleh panitia adalah realisasi dari keseluruhan perencanaan, baik dari segi teknis, administrasi serta manajemennya, dan dapat disimpulkan sebagai berikut:

1. Panitia pada pelelangan ini mengalami proses dari pelelangan umum menjadi pelelangan terbatas dengan metode Seleksi Langsung dimana:

Panitia menyaring dari 6 ( enam ) peserta yang mengambil formulir lelang berdasarkan :

- a. Pernyataan Minat
- b. Pernyataan Tidak Dalam Masalah Hukum
- c. Data Umum
- d. Surat Ijin usaha Jasa Konsultan ( SIUJK )
- e. Landasan Hukum
- f. Komisaris ( PT )
- g. Direksi
- h. Kepemilikan Saham
- i. Data Pelunasan Kewajiban Pajak
- j. Kemampuan Fasilitas dan Personalia
- k. Pengalaman 4 Tahun Terakhir

- l. Pekerjaan Yang sedang Dilaksanakan
- m. Tidak Masuk Daftar Hitam
- n. Memiliki Kemampuan Dasar

Maka terpilihlah 5 peserta yang masuk dalam Daftar Pendek. Dari kelima peserta yang Masuk Daftar Pendek maka pada saat pengumuman prakualifikasi kelima peserta tersebut lulus pada tahap prakualifikasi dan dapat mengambil undangan penjelasan pekerjaan dan dokumen seleksi umum.

2. Pada proses pelelangan jasa konsultasi pada proyek Pengembangan dan Pembangunan Gedung Asrama Pendidikan PPPG Teknologi Bandung ini mengalami 2 ( dua ) kali masa sanggah yaitu setelah pengumuman prakualifikasi dan setelah pengumuman pemenang, hal ini sangat sesuai dengan petunjuk teknis KEPPRES No.80 Tahun 2003.
3. Pada tahap pengumuman prakualifikasi, panitia lelang seleksi jasa konsultasi pengawasan tidak mengumumkan secara luas atau tidak mengumumkan melalui media cetak atau elektronik tetapi hanya pada papan pengumuman resmi dan melalui INKINDO tetapi sudah sesuai dengan petunjuk teknis KEPPRES No.80 Tahun 2003.
4. Pada proses pelelangan proyek Pengembangan PPPG Teknologi Bandung tidak ada tahap yang dihilangkan atau yang terlewatkan oleh panitia.
5. Tahapan – tahapan pelelangan yang dilakukan oleh Panitia Lelang Seleksi Jasa Konsultasi Pengawasan pada proyek Peningkatan PPPG Teknologi Bandung secara garis besar telah sesuai dengan KEPPRES No.80 Tahun 2003, karena panitia melaksanakan pelelangan berdasarkan petunjuk teknis KEPPRES No.80 Tahun 2003.

## PUSTAKA

1. Imam Soeharto, (2001). *Manajemen Proyek*, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta.
2. Istimawan Dipohusodo, (2001). *Manajemen Proyek dan Konstruksi*, Penerbit Kanisius, Yogyakarta.
3. KEPPRES No.80 Tahun 2003, (2003). *Tentang Pedoman Pelaksanaan Pengadaan Barang/Jasa Pemerintah*, Penerbit Karina, Surabaya.
4. Tanubrata, T., (2004), *Diktat Kuliah Manajemen Konstruksi*, Fakultas Teknik Jurusan Sipil, Universitas Kristen Maranatha, Bandung.

# **KAJIAN *SICK BUILDING SYNDROME*** **(Studi Kasus: *Sick Building Syndrome* pada Gedung “X” di Jakarta)**

**Rini Iskandar**

Dosen Tetap, Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha  
Jl. Prof. drg. Soeria Sumantri, MPH., No. 65, Bandung, 40164  
telp. (022) 2012186, fax. (022) 2017622

## **ABSTRAK**

*Sick Building Syndrome* merupakan salah satu istilah yang jarang digunakan di Indonesia sehingga banyak orang tidak mengetahui apa artinya. *Sick Building Syndrome* (SBS) adalah istilah yang mengacu pada sejumlah gejala alergi yang mempengaruhi sebagian pekerja kantor dalam suatu gedung selama mereka berada di dalam gedung tersebut dan secara berangsur menghilang setelah mereka meninggalkan gedung. Gejala-gejala gangguan kesehatan yang sering dialami pekerja yang bekerja dalam ruang kantor di antaranya adalah iritasi mata, iritasi hidung, iritasi tenggorokan, pilek, bintik merah pada kulit, sakit kepala, mual, batuk, dan bersin-bersin. Gejala-gejala ini dinyatakan sebagai SBS apabila gejala tersebut minimal dialami oleh 20% dari pekerja kantor yang berada di dalam gedung. SBS muncul apabila terjadi kondisi lingkungan yang tidak sehat di dalam ruang kerja atau gedung. Hal ini didasarkan dari penelitian-penelitian yang telah dilakukan oleh para ahli dalam gedung-gedung perkantoran yang memiliki berbagai fasilitas modern di dalamnya dan sistem ventilasi yang menggunakan *air conditioning*. Tulisan ini membahas gejala-gejala SBS yang dialami oleh pekerja, sumber pencemar potensial dari dalam gedung, penyebab dan dampak dari SBS, studi kasus serta cara-cara pencegahan dan penanggulangan yang dapat dilakukan oleh para pengelola gedung untuk menangani SBS. Dari studi kasus yang ditinjau ditemukan adanya gejala SBS di Jakarta, sehingga dapat dilakukan upaya pencegahan dan penanggulangan yang signifikan. Dengan demikian dapat dicapai lingkungan kerja yang sehat yang dapat meningkatkan kinerja para pekerja, dan memberikan keuntungan baik bagi pekerja maupun bagi pengusaha.

**Kata kunci:** *Sick building syndrome*, *Air conditioning*, Gedung, Perkantoran.

## **ABSTRACT**

Sick Building Syndrome is a seldom used term in Indonesia that many people are not familiar with. Sick Building Syndrome (SBS) refers to a set of symptoms that affect a number of building occupants during the office time they spend in the building and diminish or go away when they are not in the building. Health effect syndromes that used to happen to the workers who work in an office building are eye, nose, and throat irritation, stuffy or runny nose, skin rash, headaches, nausea, dry cough, and sneezing. These symptoms are categorized as SBS if they were experienced by minimum of 20% of the workers inside the building. SBS appears when there are bad environment conditions inside a workplace or building. This statement is based on various researches done by experts in office buildings with modern facilities and air-conditioned ventilation systems. This paper, discuss about the kind of symptoms that are experienced by the workers, potential pollutant sources in a building, the causes and effects of SBS, study case, SBS prevention and handled methods that building managers can implement. From the study case of this paper which is found that there is a SBS in Jakarta, so it can be prevented and handled significantly. Therefore, it would be reached in creating a healthy environment at the workplace which can increase the performance of employees and give benefits both to employees and employer.

**Keywords:** Sick building, Syndrome, Air conditioning.

## 1. PENDAHULUAN

Sick Building Syndrome adalah fenomena yang mengacu pada sejumlah gejala alergi yang mempengaruhi sebagian pekerja/karyawan dalam suatu gedung selama mereka berada dalam gedung tersebut dan secara berangsur menghilang setelah mereka meninggalkan gedung. Fenomena ini sering terjadi, tetapi kurang disadari oleh kebanyakan orang.

Kesadaran akan SBS sudah muncul sejak tahun 1960 an. Status internasional didapat tahun 1982 ketika WHO menyadari secara formal kondisi tersebut. Diharapkan dengan diketahuinya masalah SBS, maka kita dapat melakukan upaya agar dapat mengurangi dampak SBS seminimal mungkin. Dalam penulisan ini akan dibahas mengenai gejala-gejala SBS, akan diuraikan penyebabnya serta usaha penanggulangannya.

Tujuan penulisan adalah mempelajari atau mengkaji *sick building syndrome* pada suatu gedung tertentu melalui studi kasus, serta melakukan analisis sehingga diperoleh berbagai macam cara pencegahannya.

Beberapa pokok permasalahan yang dibahas dalam penulisan ini adalah sebagai berikut:

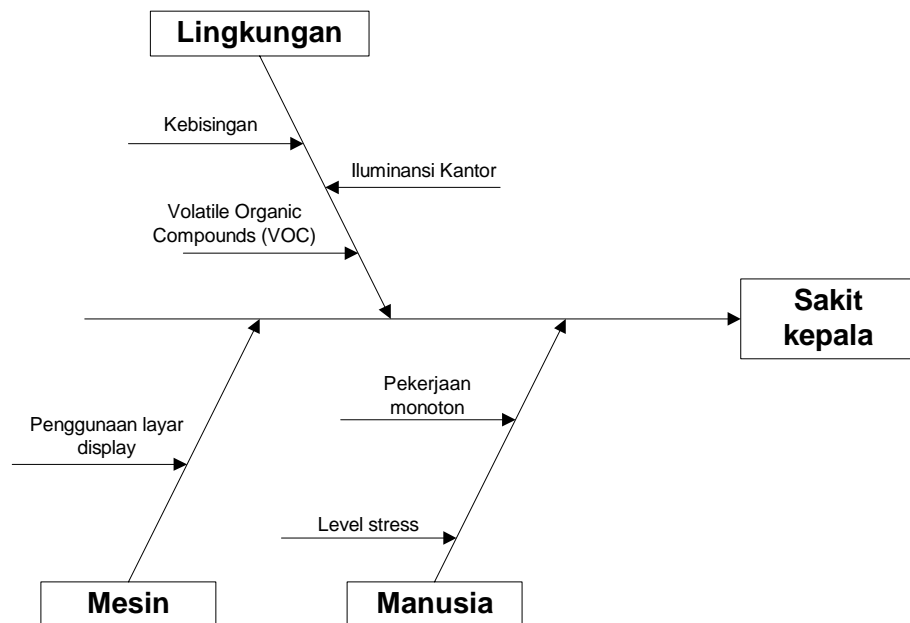
1. SBS berhubungan dengan banyaknya waktu yang dihabiskan dalam gedung.
2. Dapat terlokalisasi dalam 1 ruangan saja atau tersebar di seluruh gedung.
3. Muncul saat gedung tidak dirawat secara baik sesuai dengan desain original / prosedur operasi yang telah ditetapkan atau akibat aktivitas pekerja.
4. Secara klinis tidak ada penyakit yang diderita pekerja. Juga tidak dapat dipastikan penyebab gejala tersebut adalah karena pencemar kimia dan/atau biologi tertentu.
5. Sistem AC sentral membuat gedung tertutup dari udara luar.
6. Semakin beragamnya material yang digunakan untuk pembuatan mebel, pakaian, pembersih, detergen, dan bahan pengawet..

## 2. GEJALA DAN PENYEBAB *SICK BUILDING SYNDROME*

Gejala dan penyebab terjadinya *sick building syndrome* (SBS) dibagi menjadi tujuh kategori utama, yaitu: sakit kepala; bersin-bersin, pilek dan hidung tersumbat; iritasi mata, hidung, dan tenggorokan; batuk dan serak; mata berkunang-kunang; gatal dan bintik merah pada kulit; serta mual.

### a. Sakit Kepala

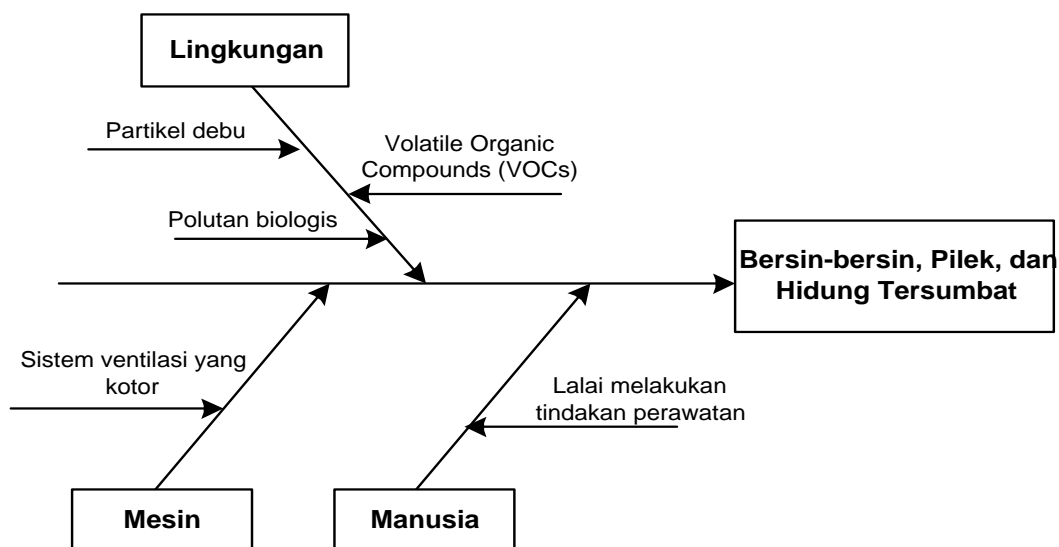
Penyebab gejala sakit kepala yang muncul di dalam sebuah ruangan dapat dilihat pada diagram *fishbone* Gambar 1.



**Gambar 1. Diagram *Fishbone* untuk Gejala Sakit Kepala**

#### **b. Bersin-bersin, Pilek, dan Hidung Tersumbat**

Penyebab gejala bersin-bersin, pilek dan hidung tersumbat yang muncul di dalam sebuah ruangan dapat dilihat pada diagram *fishbone* Gambar 2.



**Gambar 2. Diagram *Fishbone* untuk Gejala Bersin-bersin, Pilek, dan Hidung Tersumbat**

#### **c. Iritasi Mata, Hidung, dan Tenggorokan**

Iritasi mata, hidung, dan tenggorokan yang termasuk iritasi selaput lendir adalah salah satu gejala SBS. Gejala ini dapat disebabkan oleh adanya polutan umum seperti:

1. Gas CO, NO<sub>2</sub>, dan SO<sub>2</sub> yang dihasilkan dari peralatan pemanas yang rusak atau tidak berfungsi dengan baik.
2. Penggunaan *printer*, *scanner*, mesin *fax* dan mesin fotokopi yang dapat menghasilkan ozon.
3. *Volatile Organic Compounds* (VOCs) yang bisa muncul dalam banyak substansi termasuk parfum, karpet, dan napas manusia.
4. Kondisi buruknya udara yang sampai ke membran selaput lendir yang dideteksi oleh reseptor manusia sehingga menyebabkan iritasi mata, hidung dan tenggorokan.
5. Pencemar biologis, yaitu bakteri, jamur, serbuk (*pollen*) dan virus yang dapat berkembang biak dalam air tergenang yang terkumpul dalam pipa, penampung air AC, atau tempat air berkumpul seperti di langit-langit (bocor), karpet, atau penyekat (*insulation*).

#### **d. Batuk dan Serak**

Gejala batuk dan serak dapat disebabkan oleh pencemar biologis (mikroorganisme), seperti bakteri, jamur, serbuk (*pollen*) dan virus. Jamur dan bakteri biasanya ditemukan tumbuh dalam sistem HVAC ( *Heating, Ventilation, and Air Conditioning*) yang menandakan bahwa sistem HVAC dalam keadaan lembab dan pembersihannya tidak dilakukan secara rutin. Sedangkan serbuk dan virus yang ditemukan di dalam ruang kerja berasal dari luar gedung terbawa oleh pekerja yang masuk-keluar ruangan tersebut. Selain itu, gejala batuk dan serak dapat juga terjadi akibat VOCs yang muncul dalam ruang kerja akibat penggunaan mesin fotokopi, printer, pestisida, dan material gedung.

#### **e. Mata Berkunang-kunang**

Gejala mata berkunang-kunang terjadi apabila seseorang menggunakan matanya untuk berakomodasi secara penuh atau berkonsentrasi dalam waktu yang lama. Gejala ini berhubungan dengan penggunaan peralatan layar *display* (dalam hal ini komputer) yang menuntut mata seseorang untuk menerima radiasi yang dipancarkan olehnya dan kurangnya kadar cahaya yang ada dalam ruang kerja. Gejala mata berkunang-kunang apabila dibiarkan lama akan berpengaruh pada anggota tubuh yang lain, khususnya kepala, sehingga orang tersebut akan mengeluhkan gejala sakit kepala.

#### **f. Gatal dan Bintik Merah pada Kulit**

Gejala gatal dan bintik merah pada kulit dapat disebabkan oleh debu yang ada di sekeliling pekerja dalam ruang kantor dan polutan biologis yaitu bakteri yang dibawa oleh pekerja dari luar seperti *Staphylococcus* dan *Micrococcus* yang ada pada kulit manusia, serta spesies *Streptococcus* yang dihembuskan dari *nasal/pharynx* saat seseorang

berbicara. Debu di dalam ruang kerja berasal dari debu yang terakumulasi dalam karpet, lubang AC, dan permukaan terbuka yang dapat dipenuhi debu seperti rak, lemari, dan meja kantor.

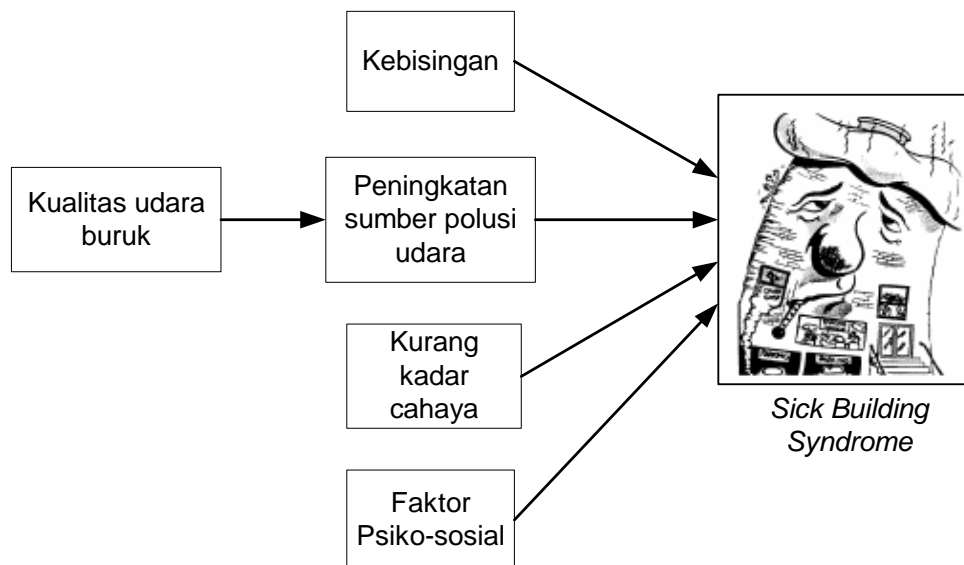
#### g. Mual

Gejala mual terjadi karena berbagai faktor sebagai berikut:

1. Kebisingan dalam jangka waktu lama.
2. Ventilasi yang tidak memadai sehingga seseorang tidak mendapatkan oksigen yang cukup untuk bernapas dengan normal.
3. *Volatile Organic Compounds* (VOCs) yang ditemukan pada karpet baru maupun peralatan kantor yang baru seperti lemari, meja, kursi. VOCs dapat dideteksi dengan adanya bau-bauan yang dikeluarkan dari peralatan baru tersebut.

### 3. PENYEBAB DAN DAMPAK *SICK BUILDING SYNDROME*

Gambar 3 memperlihatkan gambaran yang lebih jelas tentang penyebab *Sick Building Syndrome* pada gedung.



**Gambar 3. Penyebab *Sick Building Syndrome* pada Gedung**

#### 3.1 Faktor kebisingan

Kebisingan adalah bunyi yang tidak dikehendaki oleh telinga. Kebisingan tidak dikehendaki, karena dalam jangka panjang bunyi tersebut dapat mengganggu ketenangan bekerja, merusak pendengaran, menimbulkan kesalahan komunikasi, dan bahkan kebisingan yang serius dapat menyebabkan kematian.

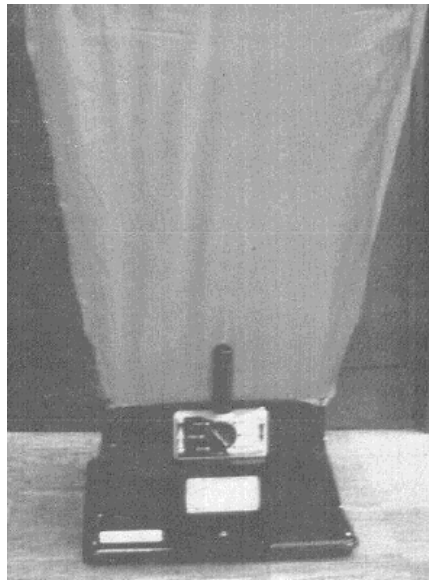
Karena pekerjaan membutuhkan konsentrasi, maka suara bising hendaknya dihindarkan agar pelaksanaan pekerjaan dapat dilakukan dengan efisien sehingga

produktivitas kerja meningkat. Menurut data terbaru dari *Canada Safety Council* [Brooks, 1992], tingkat kebisingan normal untuk sebuah ruangan kantor adalah 45–60 dB.

### 3.2 Kualitas udara

Dalam usaha untuk mencapai kualitas udara dalam ruangan/IAQ (*indoor air quality*) yang dapat diterima dengan konsumsi energi yang minimal, *American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers* (ASHRAE) baru-baru ini merevisi standar ventilasi untuk menyediakan minimum 20 cfm/orang dalam ruang kantor.

Salah satu alat yang dapat digunakan untuk mengukur kuantitas aliran udara dari luar gedung (*outdoor*) dan udara yang dialirkan ke dalam gedung dari *diffuser* adalah *flow hood* yang dapat dilihat pada Gambar 4.



**Gambar 4. Flow hood [USEPA, 2003]**

Sistem ventilasi adalah kombinasi dari proses-proses yang menghasilkan masukan dan keluaran udara dari dalam gedung. Proses-proses tersebut secara khusus adalah membawa udara luar, mengkondisikan dan mencampur udara luar dengan beberapa bagian dari udara dalam gedung, mendistribusikan campuran udara ke seluruh gedung, dan membuang beberapa bagian udara dalam ruangan ke luar gedung. Sistem yang biasanya digunakan dalam gedung perkantoran adalah sistem HVAC (*heating, ventilation, and air conditioning*) yang didesain untuk menyediakan udara pada temperatur dan kelembaban yang nyaman, serta bebas dari konsentrasi polutan udara yang membahayakan. Kualitas udara dalam ruangan akan memburuk jika satu atau lebih dari proses tersebut tidak terpenuhi.



Misalnya karbon dioksida (gas yang dihasilkan dari pernapasan manusia) dapat bertumpuk dalam area tertentu apabila aliran sejumlah udara luar yang tidak mencukupi dan kurang didistribusikan ke seluruh gedung.

Karbon dioksida merupakan salah satu polutan dalam ruangan yang menyebabkan pekerja menjadi malas, sakit kepala, dan menurunkan produktivitas kerja. Desain, operasi, dan perawatan sistem HVAC yang tepat diperlukan untuk dapat menyediakan udara bersih yang bebas dari polutan di dalam ruangan. Gambar mesin pengontrol sistem HVAC dapat dilihat pada Gambar 5.

Mesin ini merupakan alat yang dapat digunakan untuk mengontrol pengoperasian sistem HVAC yang dapat ditangani oleh operator.



**Gambar 5. Mesin Pengontrol Sistem HVAC [USEPA, 2003]**

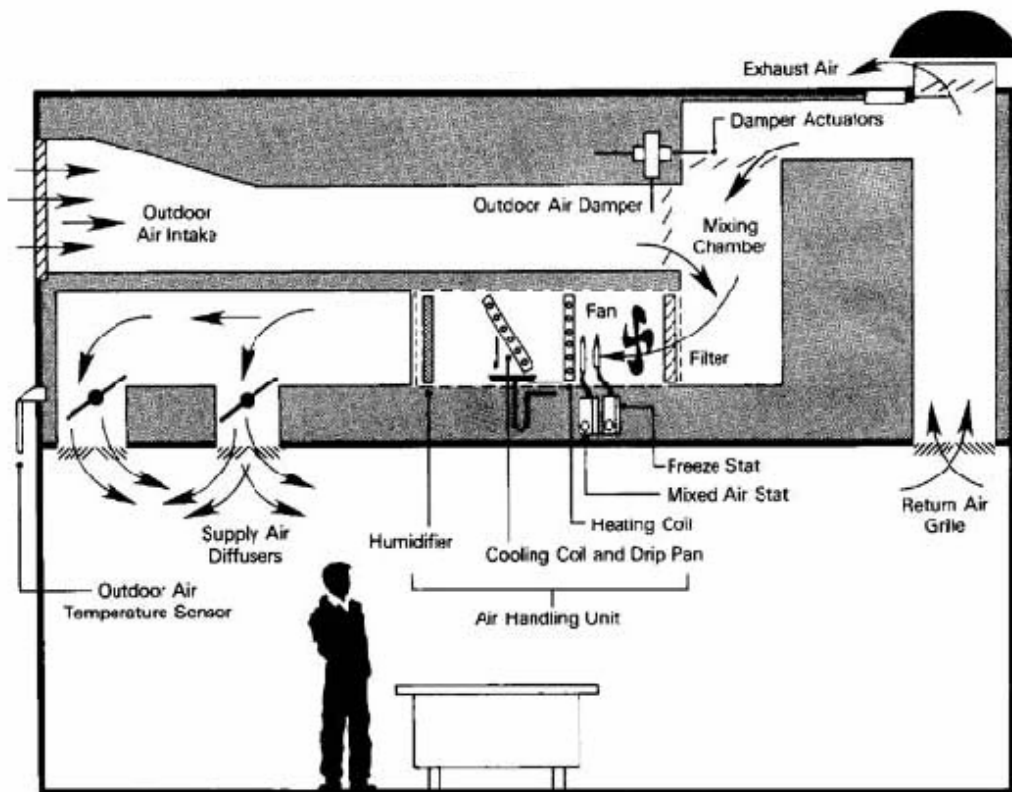
Gambar komponen sistem HVAC secara lengkap dapat dilihat pada Gambar 6. Pada komponen sistem HVAC tersebut, terdapat proses di mana udara diambil dari luar gedung dan dicampur dengan udara yang telah disirkulasi melalui sistem HVAC lalu melewati filter untuk disaring kemudian didinginkan sebelum didistribusikan ke seluruh ruangan.

Persoalan muncul apabila sistem ini tidak dijalankan dengan tepat dan kontinyu sehingga pekerja tidak mendapatkan udara bersih yang sesuai dengan kebutuhan.

Polusi udara dalam ruangan, termasuk yang muncul jika sistem HVAC tidak dapat mendistribusikan udara secara efektif kepada pekerja yang berada dalam gedung akibat pengoperasian dan perawatan yang tidak tepat, merupakan faktor utama penyebab SBS. Dampak dari keadaan ini adalah munculnya gejala SBS seperti iritasi mata, hidung, dan tenggorokan.

Polusi udara dalam ruangan pada dasarnya disebabkan oleh akumulasi pencemar yang berasal dari dalam gedung akibat sistem ventilasi yang tidak dijalankan dengan baik.

Sumber dari polusi udara dalam gedung adalah *volatile organic compounds* (VOCs), polutan biologis, dan partikel yang muncul dari material dan peralatan gedung.



**Gambar 6. Komponen sistem HVAC [USEPA, 2003]**

### 3.2.1 Volatile Organic Compounds (VOCs)

*Volatile Organics Compounds* (VOCs) muncul dalam bentuk gas dari berbagai padatan atau cairan. VOCs yang merupakan variasi dari bahan-bahan kimia, memiliki efek kesehatan yang merugikan dalam jangka pendek maupun jangka panjang.

Konsentrasi dari VOCs biasanya lebih besar di dalam gedung (*indoors*) daripada di luar gedung (*outdoors*).

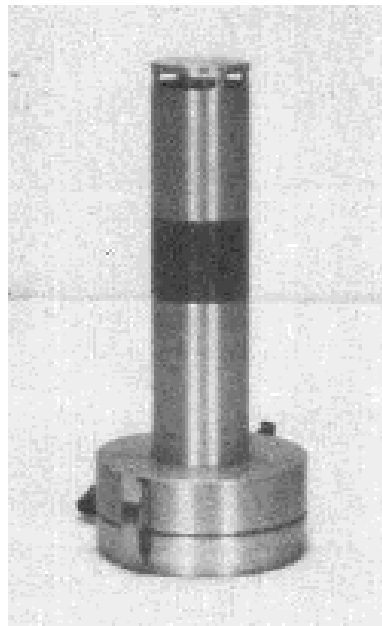
Keberadaan VOCs dalam ruang kerja dideteksi muncul dari berbagai produk seperti cat, bahan pengelupas cat, bahan pengawet kayu, alat penyemprot *aerosol*, pembersih dan *desinfectants*, material gedung dan perlengkapan, peralatan kantor seperti mesin fotokopi dan printer, *correction fluids*, perekat, cap permanen (*permanent markers*), dan penyegar udara.

Efek kesehatan yang ditimbulkan dari VOCs adalah sakit kepala, iritasi mata, hidung, dan tenggorokan. Bila dibiarkan dalam jangka waktu yang lama, beberapa jenis organik bahkan dapat menyebabkan kanker.

Seperti polutan-polutan lainnya, tingkat dan sifat dasar dari gejala yang terjadi akan bergantung dari banyak faktor, termasuk level dan jangka waktu seseorang berhubungan langsung dengan produk yang mengandung VOCs. Sampai saat ini tidak ada standar yang ditetapkan untuk VOCs dalam lingkungan non industri. OSHA (*Occupational Safety and Health Administration*) menetapkan *formaldehyde*, VOCs yang spesifik, sebagai penyebab kanker (*carcinogen*).

OSHA telah mengadopsi tingkat *exposure* yang diijinkan (*Permissible Exposure Level*) sebesar 0,75 ppm [USEPA, 2003], yang berarti dalam 1 juta partikel yang ada di udara, 0,75 bagian mengandung VOCs.

Alat yang dapat digunakan untuk mengukur partikel berukuran kurang dari 10 mikron yang dapat terhirup oleh manusia dalam ruangan di dalam gedung adalah *High-Flow Indoor Particulate Sampler* yang dapat dilihat pada Gambar 7.



**Gambar 7. *High-Flow Indoor Particulate Sampler* [USEPA, 2003]**

VOCs yang “muncul” disebabkan oleh beberapa faktor yaitu :

**a. *Formaldehyde***

*Formaldehyde* merupakan bahan kimia penting yang digunakan oleh industri-industri untuk memproduksi material gedung dan berbagai peralatan yang digunakan dalam suatu

gedung seperti karpet, perekat, cat, dan khususnya produk kayu lapis (*pressed wood products*). Yang termasuk dalam *pressed wood products* adalah *particleboard* (digunakan untuk rak kayu, lemari dan mebel), *hardwood plywood paneling* (digunakan untuk rak dan mebel), dan *medium density fiberboard* (digunakan pada bidang laci, lemari, dan mebel). Emisi *formaldehyde* biasanya berkurang seiring dengan bertambahnya umur suatu produk. Kadar *formaldehyde* yang dikeluarkan dari suatu produk akan terpacu apabila suatu produk baru ditempatkan pada suhu dan kelembaban yang tinggi. Gangguan kesehatan yang ditimbulkan dari *formaldehyde* adalah iritasi mata, hidung, dan tenggorokan, bersin-bersin, batuk, dan bintik merah pada kulit.

#### **b. Ozon**

Para ahli telah menemukan bahwa ozon yang diproduksi oleh mesin fotokopi, mesin fax, printer dan *scanner* dapat berinteraksi dengan senyawa-senyawa lain sehingga menyebabkan rasa mual, batuk, iritasi mata, hidung, dan tenggorokan [Sarwono, 2002]. Dampak dari emisi ozon yang terhirup oleh pekerja dalam jumlah banyak dan dalam waktu yang lama adalah iritasi paru-paru.

#### **c. Pestisida**

Pestisida merupakan *semi-volatile organic compounds* dan termasuk dalam variasi bahan kimia dengan berbagai bentuk seperti semprotan (*sprays*), cairan, serbuk, dan kristal. Pestisida adalah bahan kimia yang digunakan untuk membunuh atau mengontrol hama seperti bakteri, jamur, dan mikroorganisme lain, serangga dan binatang mengerat.

Contoh pestisida yang biasanya ditemukan pada ruang kerja adalah semprotan anti nyamuk, kamper, dan pengharum ruangan yang mengandung *paradichlorobenzene*. Pestisida pada dasarnya bersifat racun. Gejala yang dapat ditimbulkan oleh pestisida adalah sakit kepala, iritasi mata, hidung, dan tenggorokan. Dampak pestisida secara kronis adalah kerusakan hati, ginjal, dan sistem saraf.

### **3.2.2 Polutan Biologis dan Partikel**

Yang termasuk dalam polutan biologis adalah bakteri, jamur, dan virus. Polutan ini dihasilkan dari kurangnya tindakan perawatan, tumpahan air, kurangnya pengontrolan terhadap kelembaban udara, terbawa masuk ke dalam gedung oleh pekerja, dan dari sistem ventilasi.

Polutan biologis biasanya ditemukan di area yang lembab atau di air. Area yang lembab atau basah ditemukan pada gulungan pendingin (*cooling coils*) dan kamar mandi tanpa lubang angin sehingga mendukung tumbuhnya jamur.

Gejala yang terjadi akibat polutan biologis adalah bersin-bersin, iritasi mata, batuk, dan pusing. Pada Gambar 8 terdapat alat *viable impactor* yang digunakan untuk mengambil sampel polutan biologis.



**Gambar 8. *Viable Impactor* [USEPA, 2003]**

Partikel adalah substansi padat/cair ringan yang berada di udara. Partikel terbesar biasanya dapat terlihat dalam cahaya sinar matahari yang masuk ke ruangan. Partikel kecil yang tidak dapat terlihat oleh mata biasanya lebih membahayakan kesehatan.

Partikel debu, kotoran atau substansi lain yang terdapat dalam gedung dapat berasal dari luar maupun dari aktivitas yang ada di dalam gedung seperti kegiatan pencetakan (*printing*), fotokopi, maupun penggunaan peralatan lainnya.

### **3.3 Kadar Cahaya**

Level iluminasi minimum yang diperlukan untuk pekerjaan yang dilakukan pekerja dalam ruangan.

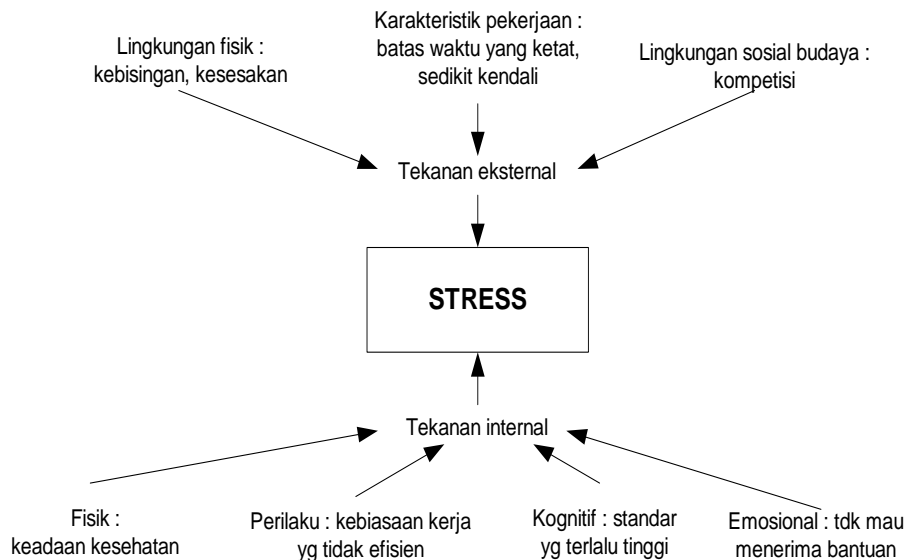
Berdasarkan tabel *Minimum Illumination Levels for Spesific Visual Task* [Tompkins, 1996] adalah 1000 *Lux* atau 100 *footcandles* (*Lux* dan *footcandles* merupakan satuan cahaya). Kadar cahaya yang kurang menyebabkan sakit kepala.

### **3.4 Faktor Psikologis**

Tekanan sering diartikan sebagai kelebihan tuntutan atas kemampuan individu dalam memenuhi kebutuhan. Penyebab tekanan seseorang bisa berasal dari tekanan internal dan

tekanan eksternal. Sumber tekanan internal dapat berupa kondisi fisik, perilaku, kognitif, dan emosional.

Sedangkan sumber tekanan eksternal dapat berupa lingkungan fisik, karakteristik pekerjaan, lingkungan sosial budaya, dan lain-lain. Penjelasan lebih lanjut dapat dilihat pada gambar di bawah ini.



**Gambar 9. Sumber Tekanan [Sedarmayanti, 1996]**

Untuk memperoleh gambaran tentang situasi yang dapat menyebabkan tekanan, maka perlu diketahui tentang tingkatan rangsangan penyebab tekanan dan konsekuensi psikologisnya seperti yang terlihat pada tabel di bawah ini :

**Tabel 1. Penyebab Tekanan dan Konsekuensi Psikologisnya [Sedarmayanti, 1996]**

Tingkatan	Penyebab Tekanan	Konsekuensi Psikologis
Tingkat	- Pekerjaan rutin yg membosankan	-Prestasi kerja buruk
Rangsangan	-Kurang berhubungan dgn orang lain	-Melakukan sabotase dlm
Rendah	-Hubungan yg tdk memuaskan dan tidak menguntungkan	pekerjaan
	-Kurang kesempatan yg bersifat rekreatif	-Merasa frustrasi,cemas,tegang
		-Makan/minum berlebihan
		-Kelelahan
		-Bersikap masa bodoh
Tingkat	-Terlalu sibuk	-Prestasi kerja buruk
Rangsangan	-Tuntutan konflik dgn waktu/keahlian	-Merasa frustrasi,cemas,tegang
Tinggi	-Terlalu banyak aktivitas yg harus dikerjakan	-Makan/minum berlebihan
	-Kurang kesempatan untuk santai	-Kelelahan
	-Kecemasan finansial/pribadi	-Merasa sudah tidak dapat mengatasi situasi
		-Berekreasi secara berlebihan

## 4. STUDI KASUS

### 4.1 Tinjauan pada Gedung “X”

Penulisan menggunakan studi kasus Gedung “X”, yang berdiri pada bulan Oktober 1973 dengan lokasi di daerah Jakarta Timur.

Gedung ini terletak di Kawasan Industri Pulogadung yang terkenal dengan lalu lintasnya yang padat. Gedung “X” terdiri dari 5 lantai yang digunakan oleh beberapa divisi yang berbeda.

Kondisi lingkungan dalam perusahaan secara umum dapat dinyatakan sebagai berikut:

1. Setiap lantai dilengkapi dengan fasilitas pendingin udara (*air conditioning*) sentral.
2. Semua ruangan yang berada di setiap lantai menggunakan karpet.
3. Semua ruangan yang berada di tiap lantai memiliki jendela kaca yang permanen (tidak dapat dibuka/ditutup) dan ditutupi dengan *vertical blind* maupun *horizontal blind*.
4. Adanya peraturan bagi pekerja untuk tidak merokok di dalam ruang kerja.
5. Pencahayaan ruangan didapat dari lampu TL 40 Watt serta dari sinar matahari yang masuk melalui jendela.

### 4.2. Pembahasan

Dari data yang ada dapat dijabarkan sebagai berikut:

1. Fenomena *Sick Building Syndrome* terjadi pada gedung “X”. Hal ini dibuktikan dengan adanya 35.42% ( > 20 % ) pekerja yang mengalami SBS dalam gedung “X”. Persentase pekerja yang mengalami SBS pada setiap lantai dapat dilihat pada Tabel 2.

**Tabel 2. Persentase Pekerja yang Mengalami SBS**

Lokasi	Persentase SBS
Lantai 1	40%
Lantai 2	25%
Lantai 3	20%
Lantai 4	40%
Lantai 5	66.67%

2. Terdapat 12 macam gejala *Sick Building Syndrome* yang dialami oleh para pekerja dalam gedung “X” dengan persentasenya yang dapat dilihat pada Tabel 3.

**Tabel 3. Persentase Gejala-gejala SBS yang Terjadi dalam Gedung “X”**

Gejala	Persentase	Gejala	Persentase
Sakit kepala	17%	Iritasi tenggorokan	8%
Bersin-bersin	14%	Mata berketombe-ketombe	5%
Iritasi mata	14%	Gatal pada kulit	4%
Pilek	11%	Mual	3%
Batuk	11%	Bintik merah pada kulit	2%
Iritasi hidung	10%	Serak	2%

## 5. KESIMPULAN

Secara umum, dapat diambil kesimpulan bagaimana langkah-langkah yang dapat dilakukan untuk menanggulangi/mengurangi SBS dalam gedung:

1. Memasang musik dengan nada yang lembut sesuai dengan suasana di tempat kerja untuk menutupi kebisingan.
2. Memasukkan pencahayaan ultraviolet dalam sistem HVAC (*Heating, Ventilation, and Air Conditioning*), membersihkan debu dalam pipa dan mengganti filter secara periodik sesuai dengan prosedur yang berlaku.
3. Melakukan tindakan pencegahan munculnya polutan dan partikel dalam ruang kerja dengan cara:
  - a. Membersihkan *ductwork* (pekerjaan saluran/perpipaan) dan peralatan lain dengan *desinfectant* yang kuat dan menyeimbangkan sistem dengan pengontrolan kelembaban yang lebih baik.
  - b. Memperbaiki atap dan kebocoran pipa yang merupakan sumber air yang berpotensi meningkatkan pertumbuhan polutan biologis seperti bakteri dan jamur.
  - c. Menempatkan mesin-mesin fotokopi pada suatu ruangan tertentu dengan sistem ventilasi yang terpisah, agar tidak ada partikel yang terbawa dan menjadi polutan pada ruang kerja.
  - d. Membersihkan ruang dengan *vacuum cleaner*, agar debu tidak beterbangan.
  - e. Mengganti cat, perekat dan produk pembersih dengan tingkat VOCs rendah.
  - f. Meletakkan tanaman dalam ruang untuk menyerap polutan.
4. Menyediakan kadar cahaya yang cukup untuk pekerjaan pencatatan (*routine clerical work*) yaitu sebesar 1000 *Lux* dengan jenis lampu TL 40 Watt
5. Menyediakan pelatihan manajemen tekanan dan program bantuan kerja (*employee assistance program/EAP*) untuk meningkatkan kemampuan pekerja dalam menghadapi



situasi pekerjaan yang sulit, atau mendatangkan konsultan dari luar untuk mengadakan perubahan struktur organisasi.

## PUSTAKA

1. Aerobiological Engineering, (2003). *Sick building Syndrome*, available: <http://www.engr.psu.edu/ae/wjk/sbs.html>
2. Bennet, N.B., Silalahi, Rumondang, (1991). *Manajemen Keselamatan & Kesehatan Kerja*, PT. Pustaka Binaman Pressindo, Jakarta.
3. Brooks, B.O., Davis, W.F., (1992). *Understanding Indoor Air Quality*, Boca Raton, CRC Press.
4. Canada Safety Council, (2003). *Office Health and Safety*, Available: <http://www.safety-council.org/info/OSH/noise.htm>
5. Diberardinis, Louis, J., (1999). *Handbook of Occupational Safety and Health 2<sup>nd</sup> edition*, John Wiley and Sons, Inc., New York.
6. Heimlich, Joe, E., (2003). *Sick Building Syndrome*, Available: <http://ohioline.osu.edu/cd-fact/0194.html>
7. Hodgson, Ernest, Levi, Patricia, E., (1997). *Textbook of Modern Toxicology, 2<sup>nd</sup> ed.*, McGraw-Hill Companies, Singapore.
8. Iskandar, R., (2007). *Sick Building Syndrome*, Prosiding Seminar Nasional Teknik Sipil 2007, Universitas Kristen Maranatha, Bandung, 16 Juni 2007.
9. Johnson, B.T., (2003). *Sick Building Syndrome*, Available: <http://ace.orst.edu/info/extonet/faqs/indoorair/sick.htm>
10. Klaassen, Curtis, D., Amdur, Mary, O., (1986). *Casarett and Doull's Toxicology : The Basic Science of Poisons, 3<sup>rd</sup> ed.*, Macmillan Publishing Company, New York.
11. National Institute for Occupational Safety and Health, (2003). Available: <http://www.cdc.gov/niosh>
12. NFPA, (1990). *Life Safety Code Handbook*, MA, Boston.
13. Sarwono, Edhie, Deliansyah, Riza, (2002). *Green Company, edisi pertama*, PT. Astra International Tbk, Jakarta.
14. Sedarmayanti, (1996). *Tata Kerja dan Produktivitas Kerja*, Mandar Maju, Bandung.
15. Suma'mur P.K., (1992). *Higene Perusahaan dan Kesehatan Kerja*, CV. Haji Masagung, Jakarta.
16. Suyatno, Sastrowinoto, (1985). *Meningkatkan Produktivitas Kerja dengan Ergonomi*, PT. Pertja, Jakarta.

17. Tompkins, James, A., (1996). *Facilities Planning 2<sup>nd</sup> Edition*, John Wiley & Sons, Inc, Canada.
18. U.S. Environmental Protection Agency, (2003). *Indoor Air Facts No.4 (revised) : Sick Building Syndrome (SBS)*, Available: <http://www.epa.gov/iaq/largebldgs/baqtoc.html>
19. U.S. Environmental Protection Agency, (2003). *An Office Building Occupant's Guide to Indoor Air Quality*, Available: <http://www.epa.gov/iaq/pubs/occupgd.html>
20. U.S. Environmental Protection Agency, (2003). *Fact Sheet : Ventilation and Air Quality in Offices*, Available: <http://www.epa.gov/iaq/pubs/ventilat.html>
21. U.S. Environmental Protection Agency, (2003). *Mold Resources*, Available: <http://www.epa.gov/iaq/pubs/moldresources.html>
22. U.S. Environmental Protection Agency, (2003). *Should You Have the Air Ducts in Your Home Cleaned ?*, Available: <http://www.epa.gov/iaq/pubs/airduct.html>
23. U.S. Environmental Protection Agency, (2003). *Sources of Indoor Air Pollution – Biological Pollutants*, Available : <http://www.epa.gov/iaq/biologic.html>
24. U.S. Environmental Protection Agency, (2003). *Sources of Indoor Air Pollution – Formaldehyde*, Available : <http://www.epa.gov/iaq/formalde.html>
25. U.S. Environmental Protection Agency, (2003). *Sources of Indoor Air Pollution – Organic Gases (Volatile Organic Compounds – VOCs)*, Available: <http://www.epa.gov/iaq/voc.html>
26. U.S. Environmental Protection Agency, (2003). *Sources of Indoor Air Pollution – Formaldehyde*, Available : <http://www.epa.gov/iaq/formalde.html>
27. U.S. Environmental Protection Agency, (2003). *Sources of Indoor Air Pollution – Pesticides*, Available : <http://www.epa.gov/iaq/pesticid.html>
28. Wood, Brian A. dan Al, Marc A., (2003). *Sick Building Syndrome : A Potpourri Analysis*, Available : <http://www.thefederation.org/public/Quarterly/Spring99/wood.htm>

# **TINJAUAN KEPUASAN PELANGGAN TERHADAP KUALITAS PELAYANAN PARKIR BASEMENT DI PUSAT PERBELANJAAN BANDUNG SUPERMALL**

**Tan Lie Ing<sup>1</sup>, Arie Hadian Yanuardi<sup>2</sup>**

<sup>1,2</sup> Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha  
Jl. Prof. drg. Soeria Sumantri MPH. No. 65, Bandung, 40164  
telp. (022) 2012186, fax. (022) 2017622  
E-mail : lieing.tan@gmail.com

## **ABSTRAK**

Pusat perbelanjaan dengan konsep *one stop shopping* selalu menyediakan area parkir yang cukup luas pada lahannya karena konsumen dalam jumlah besar sangat tertarik untuk berkunjung ke tempat tersebut. Oleh karena itu para pengelola parkir di pusat perbelanjaan berusaha untuk menciptakan kualitas pelayanan parkir terbaiknya agar para pelanggan tetap berkunjung dan berbelanja di pusat perbelanjaan tersebut. Sebuah studi menyatakan bahwa daerah yang memiliki tempat parkir yang aman, nyaman, dan murah lebih mampu untuk mempertahankan kehadirannya. Untuk itu perlu adanya tinjauan kepuasan pelanggan terhadap kualitas pelayanan parkir yang diberikan. Penelitian ini berupa survei kepada pengunjung di pusat perbelanjaan Bandung Supermall yang menggunakan jasa penyedia parkir. Pengunjung pusat perbelanjaan diminta pendapatnya mengenai kualitas pelayanan parkir yang berupa kemudahan parkir, kinerja petugas parkir, kinerja geometrik ruang parkir, keamanan, kenyamanan, dan kesesuaian tarif parkir. Hasil penelitian menunjukkan bahwa pelanggan pada umumnya merasa puas dengan kualitas pelayanan yang diberikan oleh pengelola parkir di pusat perbelanjaan tersebut.

**Kata Kunci:** Pelanggan, Pusat perbelanjaan, Parkir.

## **ABSTRACT**

One stop shopping mall concept always provides the parking area in order that a lot of customers will come. Therefore, the parking management officer in shopping mall have to make the best quality of parking. A study express that the save, comfortable, and cheap parking area will sustain. An evaluation of the satisfaction customers to the quality of parking needs to be done. This research conduct a survey to the customers at Bandung Supermall that have the parking provider. The customers has questioned regarding the quality of the parking provider such as the available parking area, performance of parking officer, performance of geometric parking, save, comfortable, suitable of parking fee. The result shows that the customers will usually satisfy with the quality of the parking provider at the shopping mall.

**Keywords:** Customer, Shopping mall, Parking.

## **1. PENDAHULUAN**

Bandung Supermall (BSM) merupakan pusat perbelanjaan dengan konsep *one stop shopping* artinya setiap yang datang berbelanja bisa sekaligus memenuhi kebutuhan pangan, sandang dan hiburan. BSM memiliki sarana hiburan seperti arena fantasi mini yang diduplikasi dari Dunia Fantasi Ancol, ruang bioskop terbesar di Bandung, ditambah dengan sarana olah raga seperti bowling dan bilyar.

Hal ini tentunya akan memiliki daya tarik tersendiri dan secara tidak langsung akan mengundang banyak pengunjung, dan sekaligus akan menyebabkan bertambahnya permintaan akan fasilitas parkir. Fasilitas parkir yang telah tersedia dan kualitas pelayanannya menjadi salah satu ukuran kepuasan pelanggan yang berkunjung ke pusat perbelanjaan tersebut. Tujuan penelitian adalah untuk mengetahui fasilitas dan pelayanan parkir yang sudah tersedia terhadap kepuasan pelanggan.

## 2. STUDI LITERATUR

### 2.1 Definisi Parkir

Fasilitas parkir didefinisikan sebagai tempat khusus bagi kendaraan untuk berhenti demi keselamatan. Parkir mempunyai tujuan baik yaitu memungkinkan akses yang mudah. Jika parkir terlalu jauh dari tempat tujuan, orang akan cenderung beralih pergi ketempat lain sehingga tujuan utama adalah agar lokasi parkir sedekat mungkin dengan tujuan perjalanan.

### 2.2 Ketentuan Umum

Fasilitas parkir secara garis besar dibagi 2 (dua) macam yaitu: fasilitas parkir di jalan (*on-street parking*) dan fasilitas parkir di luar jalan (*off-street parking*).

Fasilitas parkir di jalan (*on-street parking*) adalah fasilitas parkir yang menggunakan tepi jalan sebagai ruang parkirnya, sedangkan fasilitas parkir di luar jalan (*off-street parking*) adalah fasilitas parkir kendaraan di luar tepi jalan umum, yang dibuat khusus sebagai penunjang kegiatan, berupa pelataran parkir dan atau gedung parkir.

### 2.3 Satuan Ruang Parkir (SRP)

Menurut Pedoman Teknis Penyelenggaraan Fasilitas Parkir Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (1998), Satuan Ruang Parkir (SRP) adalah ukuran luas efektif untuk meletakkan kendaraan (mobil penumpang, bus/truk atau sepeda motor) termasuk ruang bebas dan lebar bukaan pintu. Dalam penentuan besarnya satuan ruang parkir tergantung dari beberapa parameter-parameter sebagai berikut:

$$SRP4 = f \{D, Ls, Lm, Lp\} \quad (1)$$

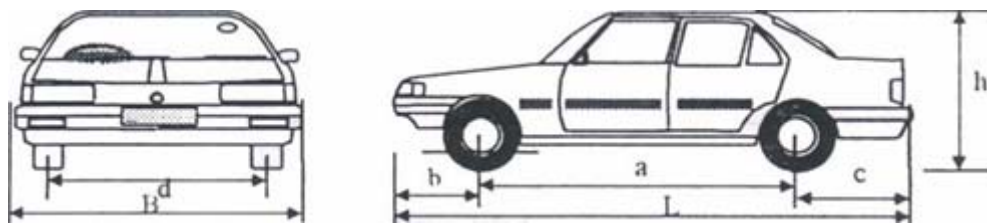
$$SRP2 = f \{D, Ls, Lm\} \quad (2)$$

dengan: SRP4 = Satuan ruang parkir untuk kendaraan roda empat  
SRP2 = Satuan ruang parkir untuk kendaraan roda dua  
D = Dimensi kendaraan standar  
Ls = Ruang kebebasan samping arah *lateral*  
Lm = Ruang kebebasan samping arah membujur  
Lp = Lebar bukaan pintu

### 2.3.1 Dimensi Kendaraan Standar untuk Mobil Penumpang

Seiring dengan kemajuan teknologi dari tahun ke tahun terus mengalami kemajuan, kecenderungan bagi produsen kendaraan bermotor meluncurkan berbagai jenis model dan ukuran kendaraan, sehingga ukuran kendaraan yang ada menjadi beraneka ragam, tentunya hal ini menyebabkan perbedaan mengenai penentuan daya tampung suatu lahan parkir, oleh karena itu penentuan dimensi kendaraan standar menjadi sangat penting, supaya dalam perencanaan fasilitas parkir ada suatu ketentuan baku yang dijadikan sebagai acuan.

Gambar 1 merupakan dimensi kendaraan standar untuk mobil penumpang menurut Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (1998).



Sumber: Pedoman Perencanaan dan Pengoperasian Fasilitas Parkir Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1998

Keterangan:

a = Jarak gandar h = Tinggi total

b = Depan tergantung (*front overhang*) B = Lebar total

c = Belakang tergantung (*rear overhang*) L = Panjang total

d = Lebar jejak

**Gambar 1. Dimensi Kendaraan Standar untuk Mobil Penumpang**

### 2.3.2 Ruang Bebas Kendaraan Parkir

Ruang bebas kendaraan parkir diberikan pada arah *lateral* dan *longitudinal* kendaraan. Ruang bebas kendaraan arah *lateral* ditetapkan pada saat posisi pintu kendaraan dibuka, yang diukur dari ujung paling luar pintu ke badan kendaraan parkir yang ada disamping. Jarak bebas arah *lateral* diambil 5 cm dan jarak bebas arah *longitudinal* sebesar 30 cm.

### 2.3.3 Lebar Buka-an Pintu Parkir

Ukuran lebar bukaan pintu merupakan fungsi karakteristik pemakai kendaraan yang memanfaatkan fasilitas parkir. Lebar bukaan pintu kendaraan karyawan kantor akan berbeda dengan lebar bukaan pintu kendaraan pengunjung pusat kegiatan perbelanjaan. Dalam hal

ini, karakteristik pengguna kendaraan yang memanfaatkan fasilitas parkir dipilih menjadi 3 (tiga) golongan seperti yang ditunjukkan pada Tabel 1.

**Tabel 1. Lebar Bukaannya Pintu Kendaraan**

Jenis Bukaannya Pintu	Pengguna dan/atau Peruntukan Fasilitas Parkir	Golongan
Pintu depan/belakang terbuka tahap awal 55 cm	1. Karyawan/pekerja kantor 2. Tamu/pengunjung pusat kegiatan perkantoran, perdagangan, pemerintahan, universitas	I
Pintu depan/belakang terbuka penuh 75 cm	1. Pengunjung tempat olahraga, pusat hiburan/rekreasi, hotel, pusat perdagangan eceran/swalayan, rumah sakit, bioskop	II
Pintu depan terbuka penuh dan ditambah untuk pergerakan kursi roda	1. Orang Cacat	III

Sumber: Pedoman Perencanaan dan Pengoperasian Fasilitas Parkir Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1998

Berdasarkan pertimbangan dari Tabel 1, Satuan Ruang Parkir (SRP) dapat dibagi atas tiga jenis kendaraan, dan berdasarkan penentuan SRP untuk mobil penumpang diklasifikasikan menjadi tiga golongan, seperti tercantum dalam Tabel 2.

**Tabel 2. Penentuan Satuan Ruang Parkir (SRP) dalam satuan m**

Jenis Kendaraan	Satuan Ruang Parkir (SRP)
1. a. Mobil penumpang untuk golongan I	2,30 x 5,00
b. Mobil penumpang untuk golongan II	2,50 x 5,00
c. Mobil penumpang untuk golongan III	3,40 x 5,00
2. Bus/truk	3,00 x 12,50
3. Sepeda motor	0,75 x 2,00

Sumber: Pedoman Perencanaan dan Pengoperasian Fasilitas Parkir Direktorat Jenderal Perhubungan Darat (1998).

Keterangan:

B = Lebar total kendaraan

L = Panjang total

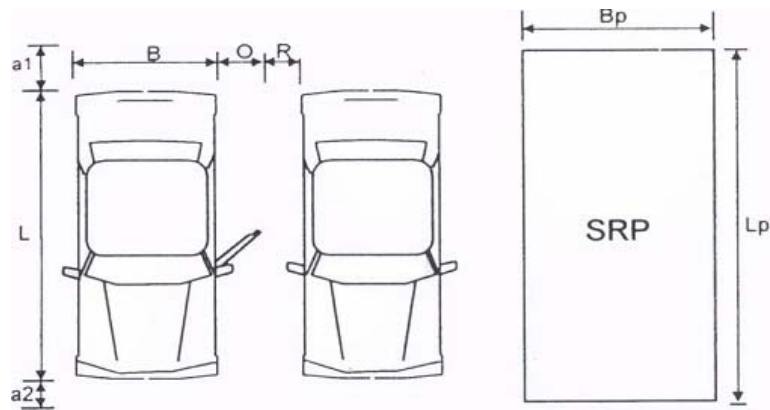
O = Lebar bukaan pintu

a1,a2 = Jarak bebas

R = Jarak bebas arah *lateral*

Bp = Lebar SRP (B + O + R)

Lp = Panjang SRP (L + a1 + a2)



**Gambar 2. Satuan Ruang Parkir (SRP) untuk Mobil Penumpang**

Dimensi SRP untuk mobil penumpang diperlihatkan pada Tabel 3.

**Tabel 3. Dimensi SRP Mobil Penumpang dalam Satuan cm**

	Golongan I	Golongan II	Golongan III
B	170	170	170
O	55	75	80
R	5	5	50
a1	10	10	10
L	470	470	470
a2	20	20	20
Bp	230	250	300
Lp	500	500	500

Sumber: Pedoman Perencanaan dan Pengoperasian Fasilitas Parkir Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, 1998

## 2.4 Analisis Statistik

### 2.4.1 Variabel

Variabel adalah sesuatu hal yang berbentuk apa saja yang ditetapkan oleh peneliti untuk dipelajari sehingga diperoleh informasi tentang hal tersebut, kemudian ditarik kesimpulannya.

Berdasarkan pengertian tersebut, maka variabel dapat dibagi menurut hubungan antara satu variabel dengan variabel lain menjadi variabel bebas, variabel terikat, variabel intervening, variabel kontrol, dan variabel moderator.

Untuk penelitian yang bersifat sosial dikenal dua macam variabel (Singarimbun, 1995), yaitu: variabel kategorikal dan variabel bersambung.

#### 2.4.2 Skala Pengukuran

Skala pengukuran merupakan kesepakatan yang digunakan sebagai acuan untuk menentukan panjang pendeknya interval yang ada dalam alat ukur, sehingga alat ukur tersebut bila digunakan dalam pengukuran dapat menghasilkan data kuantitatif. Singarimbun (1995) membagi skala pengukuran menjadi empat macam, yaitu: skala nominal, skala ordinal, skala interval, dan skala rasio.

#### 2.4.3 Uji Validitas

Kevaliditasan sebuah instrumen penelitian tersebut perlu diuji disamping juga perlunya pengujian reliabilitasnya. Instrumen yang valid berarti alat ukur yang digunakan untuk memperoleh data itu valid sehingga dapat digunakan untuk mengukur apa yang hendak diukur.

Sugiyono (2002) membagi pengujian validitas menjadi: Validitas Konstruksi, Validitas Isi dan Validitas Eksternal

Singarimbun (1995) menambahkan beberapa macam validitas lagi selain yang tertera di atas, yaitu: Validitas Prediktif, Validitas Budaya dan Validitas Rupa

Banyak rumus yang dapat dipakai untuk mengetahui nilai validitas suatu penelitian, tergantung korelasi yang dikehendaki dari penelitian tersebut, diantaranya adalah rumus *Product Moment Pearson*:

$$r_{XY} = \frac{N \sum XY - \sum X \sum Y}{\sqrt{\left\{ N \sum X^2 - (\sum X)^2 \right\} \left\{ N \sum Y^2 - (\sum Y)^2 \right\}}} \quad (3)$$

dengan: N = Jumlah responden, X = Skor variabel X, Y = Skor variabel Y

#### 2.4.4 Uji Reliabilitas

Reliabilitas adalah indeks yang menunjukkan sejauh mana suatu alat pengukur dapat dipercaya atau diandalkan. Sugiyono (2002) mengklasifikasikan teknik-teknik yang bisa dilakukan dalam pengujian reliabilitas, diantaranya adalah: *Test-Retest*, Pengujian dengan membuat dua instrumen yang ekuivalen, Teknik Gabungan dan Internal Konsistensi

Rumusan yang dipakai untuk penelitian ini mengambil dari rumusan yang dikemukakan oleh *Alfa Cronbach* dan menggunakan penskoran pada data dari 1 sampai dengan 5.



Rumus-rumus lain hanya bisa menggunakan penskoran 1 dan 0 saja.

$$r_{11} = \left\{ \frac{k}{k-1} \right\} \left\{ 1 - \frac{\sum \sigma_b^2}{\sigma_1^2} \right\} \quad (4)$$

dimana:

$$\begin{aligned} r_{11} &= \text{Reliabilitas konsumen} \\ k &= \text{Banyaknya butir pertanyaan atau banyaknya soal} \\ \sum \sigma_b^2 &= \text{Jumlah varians butir} \\ \sigma_1^2 &= \text{Varians total} \end{aligned}$$

#### 2.4.5 Uji Normalitas

Untuk menguji normalitas digunakan rumus *chi square* atau chi kuadrat. Rumusan umum chi kuadrat seperti yang tertera dibawah ini:

$$X^2 = \frac{\sum (f_o - f_e)^2}{f_e} \quad (5)$$

dimana:

$$\begin{aligned} X_2 &= \text{Chi Kuadrat} \\ f_o &= \text{Frekuensi hasil observasi dari sampel penelitian} \\ f_e &= \text{Frekuensi yang diharapkan pada populasi penelitian} \end{aligned}$$

### 3. METODOLOGI PENELITIAN

#### 3.1 Pengumpulan Data

Data primer berupa wawancara kepada pengguna jasa parkir sebagai responden dan data sekunder diperoleh dengan menghubungi instansi-instansi terkait yang berhubungan dengan masalah perparkiran.

#### 3.2 Perencanaan Angket

Perencanaan angket harus disesuaikan dengan tujuan penelitian. Tujuan penelitian adalah mengetahui tingkat kepuasan pelanggan terhadap kualitas pelayanan parkir yang sudah ada. Angket berisi pertanyaan-pertanyaan yang terbagi atas tiga kategori terdiri dari : Data responden, Kemudahan parkir, dan Kualitas pelayanan parkir

#### 3.3 Penentuan Jumlah Sampel

Untuk suatu sampel yang besar paling sedikit harus diambil 30 data responden yang diambil secara acak (Singarimbun, 1995). Untuk pengambilan sampel digunakan metode

*Nonprobability Sampling* yaitu teknik yang tidak memberi peluang/kesempatan sama bagi setiap unsur anggota populasi untuk dipilih menjadi sampel.

Pada penelitian ini digunakan sampel sebanyak 50 sampel untuk lokasi penelitian dengan pertimbangan adanya angket yang tidak terisi sempurna. Angket yang benar-benar terisi dengan sempurna berjumlah 45 sampel untuk lokasi penelitian yang kemudian akan dilakukan pengolahan data.

### **3.4 Materi Penelitian**

Materi penelitian berupa kumpulan data yang akan digunakan sebagai bahan analisis yang diwujudkan dalam bentuk angket kepada responden (data primer), kumpulan data dari instansi yang terkait serta studi literatur (data sekunder). Materi penelitian untuk responden terdiri dari beberapa bagian, yaitu Bagian A: Data Responden, Bagian B: Kemudahan Parkir, dan Bagian C: Pendapat Responden Tentang Kualitas Pelayanan Parkir Setempat.

#### **3.4.1 Data Responden (Bagian A)**

Pada bagian ini hanya terdiri dari dua pertanyaan/variabel yang menyangkut identitas responden secara garis besar. Pertanyaan/variabel tersebut berupa pilihan yang dimaksudkan untuk memudahkan responden mengisi angket. Selanjutnya untuk memudahkan dalam pengolahan data maka pertanyaan/variabel tersebut dikodekan dengan:

- a. Nama responden = Tanpa kode
- b. Frekuensi berkunjung ke lokasi = Profil 1

#### **3.4.2 Pendapat Responden Tentang Kemudahan Parkir Setempat (BagianB)**

Pada bagian B dari angket, responden diharapkan memberikan jawaban sesuai dengan pengalamannya. Pada bagian ini hanya terdiri dari tiga pertanyaan dimana penentuan skornya menggunakan skala Likert. Pilihan jawabannya dimulai dari Selalu, Sering, Kadang-kadang, Pernah, dan Tidak Pernah. Dengan penskoran sebagai berikut:

Untuk no. 1-2 : Dari skor 1 untuk jawaban selalu sampai dengan skor 5 untuk jawaban tidak pernah

Pada analisis berikutnya skor mempunyai arti: Skor 5 = Sangat Bagus, Skor 4 = Bagus, Skor 3 = Sedang, Skor 2 = Jelek, Skor 1 = Sangat Jelek

Untuk analisis data selanjutnya, setiap variabel diberikan pengkodean tertentu, yaitu yang tertera pada Tabel 4.

**Tabel 4. Pengkodean Variabel Kemudahan Parkir**

No	Variabel	Keterangan	Elemen yang diteliti
1	B1	Sering tidaknya keluar area parkir karena tidak mendapatkan tempat parkir	Kemudahan Parkir
2	B2	Sering tidaknya berputar-putar dalam area parkir untuk mencari tempat parkir	

Setiap butir pertanyaan bagian B pada angket merupakan frekuensi kepuasan pelanggan terhadap pelayanan yang diberikan oleh pengelola parkir.

#### **3.4.3 Pendapat Responden Tentang Kinerja dan Kualitas Pelayanan Parkir Setempat (Bagian C)**

Keseluruhan pertanyaan tersebut berjumlah 13 (tiga belas) butir dengan pilihan jawaban dan penentuan skor menggunakan skala Likert. Pilihan jawaban dimulai dari sangat setuju, setuju, tidak berpendapat, tidak setuju, hingga sangat tidak setuju dengan penskoran dari 5 untuk sangat setuju sampai dengan skor 1 untuk jawaban sangat tidak setuju.

Meskipun bagian C ini menggunakan skala yang sama dalam penentuan skor dengan bagian B, tetapi analisisnya dipisahkan, karena bagian C ini memiliki pilihan jawaban yang berbeda dengan bagian B. Arti skor sama dengan bagian B. Untuk analisis data selanjutnya, setiap variabel diberikan pengkodean tertentu, yaitu yang tertera pada Tabel 4.

#### **3.5 Lokasi dan Waktu Penelitian**

Penelitian dilakukan dengan mengambil tempat di pusat perbelanjaan terbesar yaitu Bandung Supermall (BSM). Pengambilan data primer dilakukan pada hari Sabtu tanggal 11 Desember 2004 pada saat jam puncak berkunjung yaitu pada pukul 16.00 – 21.00 WIB, sehingga hasil yang diharapkan merupakan gambaran kualitas pelayanan parkir terburuk yang diberikan oleh penyedia jasa parkir.

**Tabel 5. Pengkodean Variabel Kinerja dan Kualitas Pelayanan Parkir**

No	Variabel	Keterangan	Elemen yang diteliti
3	C3	Kecekatan petugas parkir lapangan dalam mencari tempat parkir yang kosong	Kinerja Petugas Parkir
4	C4	Kecekatan petugas parkir lapangan untuk memandu memarkirkan kendaraan	

Tabel 4. (lanjutan)			
5	C5	Kondisi satuan ruang parkir	Geometrik ruang parkir
6	C6	Kondisi Lebar pintu masuk	
7	C7	Kondisi Lebar jalur gang	
8	C8	Karcis parkir sebagai identitas kendaraan	Keamanan
9	C9	Pemeriksaan karcis parkir di pintu keluar	
10	C10	Keamanan berjalan di area parkir	Kenyamanan
11	C11	No lokasi parkir	
12	C12	Kondisi sirkulasi udara	
13	C13	Kondisi penerangan	Tarif parkir
14	C14	Jarak berjalan menuju lokasi	
15	C15	Kesesuaian tarif parkir	

#### 4. PENGOLAHAN DAN ANALISIS DATA

##### 4.1 Pengujian Validitas

Data yang dipakai dalam pengolahan untuk pengujian validitas sebanyak tiga puluh data. Tidak ada batasan tertentu dalam menentukan jumlah data yang akan diuji kevalidannya. Data-data yang tidak lengkap diisi oleh responden tidak akan diikutsertakan dalam analisis selanjutnya. Ada beberapa hal penting yang terkait dengan pembacaan hasil pengujian validitas dengan menggunakan program SPSS 11, yaitu:

##### 1. Arti angka korelasi

- Berkenaan dengan besaran angka. Angka korelasi berkisar pada 0 (tidak ada korelasi sama sekali) sampai dengan 1 (korelasi sempurna). Angka korelasi diatas 0,5 menunjukkan korelasi cukup kuat, sedangkan di bawah 0,5 korelasinya lemah.
- Berkaitan dengan tanda korelasi. Tanda negatif (-) pada output menunjukkan adanya arah yang berlawanan, sedangkan tanda positif (+) menunjukkan arah yang sama.

##### 2. Hipotesis

- $H_0$  = Tidak ada hubungan (korelasi) antara dua variabel atau angka korelasi 0
- $H$  = Ada hubungan (korelasi) antara dua variabel atau angka korelasi tidak 0

##### 3. Pengambilan keputusan

- Berdasarkan Probabilitas  
Jika probabilitas  $> 0,05$ , maka  $H_0$  diterima  
Jika probabilitas  $< 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak

- b. Berdasarkan tanda bintang (\*) yang diberikan SPSS Signifikansi tidaknya korelasi dua variabel dapat dilihat dari tanda bintang (\*) pada pasangan data yang dikorelasikan
- c. Berdasarkan nilai  $r_{x,y}$  dari Korelasi Pearson (*Pearson Correlation*)  
 Jika  $r_{x,y} > r$  tabel, maka  $H_0$  ditolak  
 Jika  $r_{x,y} < r$  tabel, maka  $H_0$  diterima

#### 4.1.1 Pengujian Validitas Pendapat Responden Tentang Kemudahan Parkir

Untuk semua pertanyaan yang diberikan kepada responden tentang kemudahan parkir tidak ada yang diubah, ditambah, dikurangi, ataupun dihilangkan karena nilai validannya memadai. Adapun langkah perhitungan seperti tertera dibawah ini:

1. Input data
2. Hasil perhitungan pengujian validitas untuk pendapat responden tentang kemudahan parkir, dengan menggunakan program SPSS 11 seperti tertera pada Tabel 6.

**Tabel 6. Validitas Pendapat Responden Tentang Kemudahan Parkir**

	Nilai Terendah	Nilai Tertinggi
Korelasi Pearson	0,837	0,858
Tes Dua Ekor ( <i>sig. (2-tailed)</i> )	0,000	0,000

3. Analisis
  - a. Berdasarkan probabilitas  
 Terlihat dari tabel di atas, nilai signifikan tes dua ekor (sig 2-tailed) kurang dari 0,05, hal tersebut berarti  $H_0$  ditolak dan  $H$  diterima.
  - b. Berdasarkan nilai  $r_{x,y}$   
 $Degree\ of\ freedom\ (df) = n - 2 = 30 - 2 = 28$   
 Interval kepercayaan 95 % atau  $\alpha = 0,05$   
 Didapatkan nilai  $r$  kritik = 0,361  
 Semua nilai korelasi Pearson yang terdapat dari perhitungan  $> r$  kritik. Hal tersebut menyatakan bahwa  $H_0$  ditolak dan  $H$  diterima.

Berdasarkan paparan di atas menyatakan bahwa hipotesis  $H$  diterima (ada hubungan antara dua variabel). Hal ini berarti semua variabel saling berhubungan antara satu dengan yang lainnya.

#### 4.1.2 Pengujian Validitas Pendapat Responden Tentang Kinerja dan Kualitas Pelayanan Parkir

Untuk semua pertanyaan yang diberikan kepada responden tentang kinerja dan kualitas pelayanan parkir tidak ada yang diubah, ditambah, dikurangi, ataupun dihilangkan karena nilai validannya memadai.

Adapun langkah perhitungan seperti tertera dibawah ini:

1. Input data
2. Hasil perhitungan pengujian validitas untuk pendapat responden tentang kualitas pelayanan parkir, dengan menggunakan program SPSS 11 seperti tertera pada Tabel 7.

**Tabel 7. Validitas Pendapat Responden Tentang Kinerja dan Kualitas Pelayanan Parkir**

	Nilai Terendah	Nilai Tertinggi
Korelasi Pearson	0,529	0,777
Tes Dua Ekor ( <i>sig. (2-tailed)</i> )	0,000	0,003

3. Analisis

- a. Berdasarkan probabilitas

Terlihat dari tabel di atas, nilai signifikan tes dua ekor (sig 2-tailed) kurang dari 0,05, hal tersebut berarti  $H_0$  ditolak dan  $H$  diterima.

- b. Berdasarkan nilai  $r_{x,y}$

$$\text{Degree of freedom (df)} = n - 2 = 30 - 2 = 28$$

Interval kepercayaan 95 % atau  $\alpha = 0,05$

Didapatkan nilai  $r$  kritik = 0,361

Semua nilai korelasi Pearson yang terdapat dari perhitungan  $> r$  kritik. Hal tersebut menyatakan bahwa  $H_0$  ditolak dan  $H$  diterima.

#### 4.2 Statistik Deskriptif

- a. Statistik Deskriptif Data Responden (Bagian A)

Variabel yang diolah hanya satu buah sesuai dengan jumlah pertanyaan yang diajukan pada bagian A pada angket. Berdasarkan analisis frekuensi dari empat puluh lima

responden, ternyata sebagian besar responden jarang (53,33%) berkunjung ke lokasi penelitian, seperti yang terlihat pada Tabel 8.

**Tabel 8. Frekuensi Berkunjung Ke Bandung Supermall**

Lokasi	Frekuensi Berkunjung	Jumlah Frekuensi	Persen (%)	Persen Valid (%)	Kumulatif Persen(%)
Bandung Supermall	Baru 1-2 kali	6	13,34	13,34	13,34
	Jarang	24	53,33	53,33	66,67
	Sering	10	22,22	22,22	88,89
	Sering Sekali	5	11,11	11,11	100,0
	Total	45	100,0	100,0	

b. Statistik Deskriptif Pendapat Responden Tentang Kemudahan Parkir (Bagian B)

Untuk memudahkan pembacaan hasil pengolahan data, maka statistik deskriptifnya ditampilkan pada Tabel 9 dan Tabel 10.

**Tabel 9. Sering Tidaknya Keluar Area Parkir karena Tidak Mendapatkan Tempat Parkir (B1)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Selalu	9	20.0	20.0	20.0
Sering	3	6.7	6.7	26.7
Kadang-Kadang	7	15.6	15.6	42.2
Pernah	11	24.4	24.4	66.7
Tidak Pernah	15	33.3	33.3	100.0
Total	45	100.0	100.0	

**Tabel 10. Sering Tidaknya Berputar-putar dalam Area Parkir untuk Mencari Tempat Parkir (B2)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Selalu	8	17.8	17.8	17.8
Sering	9	20.0	20.0	37.8
Kadang-Kadang	9	20.0	20.0	57.8
Pernah	10	22.2	22.2	80.0
Tidak Pernah	9	20.0	20.0	100.0
Total	45	100.0	100.0	

- c. Statistik Deskriptif Pendapat Responden Tentang Kinerja dan Kualitas Pelayanan Parkir (Bagian C)

Untuk memudahkan pembacaan hasil pengolahan data, maka statistik deskriptifnya ditampilkan dalam Tabel 10 sampai dengan Tabel 22.

Jenis pertanyaan untuk kinerja dan kualitas pelayanan parkir ini yang dilambangkan oleh variabel C3 – C15 dapat dilihat pada Tabel 4.

**Tabel 10. Kecekatan Petugas Parkir Lapangan dalam Mencarikan Tempat Parkir yang Kosong (C3)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Tidak Setuju	1	2.2	2.2	2.2
Tidak Berpendapat	11	24.4	24.4	26.7
Setuju	23	51.1	51.1	77.8
Sangat Setuju	10	22.2	22.2	100.0
Total	45	100.0	100.0	

**Tabel 11. Kecekatan Petugas Parkir Lapangan untuk Memandu Memarkirkan Kendaraan (C4)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Tidak Setuju	3	6.7	6.7	6.7
Tidak Berpendapat	13	28.9	28.9	35.6
Setuju	20	44.4	44.4	80.0
Sangat Setuju	9	20.0	20.0	100.0
Total	45	100.0	100.0	

**Tabel 12. Kondisi Satuan Ruang Parkir (C5)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Tidak Berpendapat	10	22.2	22.2	22.2
Setuju	26	57.8	57.8	80.0
Sangat Setuju	9	20.0	20.0	100.0
Total	45	100.0	100.0	



**Tabel 13. Kondisi Lebar Pintu Masuk (C6)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Tidak Berpendapat	10	22.2	22.2	22.2
Setuju	25	55.6	55.6	77.8
Sangat Setuju	10	22.2	22.2	100.0
Total	45	100.0	100.0	

**Tabel 14. Kondisi Lebar Jalur Gang (C7)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Sangat Tidak Setuju	1	2.2	2.2	2.2
Tidak Setuju	11	24.4	24.4	26.7
Tidak Berpendapat	9	20.0	20.0	46.7
Setuju	16	35.6	35.6	82.2
Sangat Setuju	8	17.8	17.8	100.0
Total	45	100.0	100.0	

**Tabel 15. Karcis Parkir Sebagai Identitas Kendaraan (C8)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Tidak Berpendapat	8	17.8	17.8	17.8
Setuju	24	53.3	53.3	71.1
Sangat Setuju	13	28.9	28.9	100.0
Total	45	100.0	100.0	

**Tabel 16. Pemeriksaan Karcis Parkir di Pintu Keluar (C9)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Tidak Setuju	4	8.9	8.9	8.9
Tidak Berpendapat	5	11.1	11.1	20.0
Setuju	29	64.4	64.4	84.4
Sangat Setuju	7	15.6	15.6	100.0
Total	45	100.0	100.0	

**Tabel 17. Keamanan Berjalan di Area Parkir (C10)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Tidak Setuju	2	4.4	4.4	4.4
Tidak Berpendapat	8	17.8	17.8	22.2
Setuju	25	55.6	55.6	77.8
Sangat Setuju	10	22.2	22.2	100.0
Total	45	100.0	100.0	

**Tabel 18. No. Lokasi Parkir (C11)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Sangat Tidak Setuju	1	2.2	2.2	2.2
Tidak Berpendapat	11	24.4	24.4	26.7
Setuju	27	60.0	60.0	86.7
Sangat Setuju	6	13.3	13.3	100.0
Total	45	100.0	100.0	

**Tabel 19. Kondisi Sirkulasi Udara (C12)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Tidak Berpendapat	4	8.9	8.9	8.9
Setuju	23	51.1	51.1	60.0
Sangat Setuju	18	40.0	40.0	100.0
Total	45	100.0	100.0	

**Tabel 20. Kondisi Penerangan (C13)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Tidak Berpendapat	2	4.4	4.4	4.4
Setuju	16	35.6	35.6	40.0
Sangat Setuju	23	51.1	51.1	91.1
Total	45	100.0	100.0	

**Tabel 21. Jarak Berjalan Menuju Lokasi (C14)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Tidak Setuju	6	13.3	13.3	13.3
Tidak Berpendapat	12	26.7	26.7	40.0
Setuju	20	44.4	44.4	84.4
Sangat Setuju	7	15.6	15.6	100.0
Total	45	100.0	100.0	

**Tabel 22. Kesesuaian Tarif Parkir (C15)**

	Frequency	Percent	Valid Percent	Cumulative Percent
Tidak Setuju	1	2.2	2.2	2.2
Tidak Berpendapat	11	24.4	24.4	26.7
Setuju	27	60.0	60.0	86.7
Sangat Setuju	6	13.3	13.3	100.0
Total	45	100.0	100.0	

### 4.3 Statistik Inferensial

#### 4.3.1 Pengujian Normalitas data

Uji normalitas dapat dilakukan dengan memakai rumusan chi kuadrat. Seperti pada pengujian sebelumnya, maka dalam mengambil keputusan untuk pengujian normalitas data perlu diperhatikan hal berikut:

1. Hipotesis.

- a.  $H_0$  = Sampel ditarik dari populasi yang mengikuti distribusi seragam, atau pelayanan parkir di pusat perbelanjaan (BSM) disukai konsumen secara merata.
- b.  $H$  = Sampel bukan berasal dari populasi yang mengikuti distribusi seragam, atau setidaknya pelayanan parkir disalah satu pusat perbelanjaan lebih disukai dari yang lainnya.

2. Dasar pengambilan keputusan.

- a. Berdasarkan perbandingan chi-square uji dan tabel.  
 Jika chi-kuadrat hitung < chi-kuadrat tabel, maka  $H_0$  diterima.  
 Jika chi-kuadrat hitung > chi-kuadrat tabel, maka  $H_0$  ditolak.
- b. Berdasarkan probabilitas.

Jika probabilitas  $> 0,05$ , maka  $H_0$  diterima.

Jika probabilitas  $< 0,05$ , maka  $H_0$  ditolak.

Hasil perhitungan dengan menggunakan program SPSS 11 ditunjukkan seperti pada Tabel 23.

**Tabel 23. Tes Statistik Uji Normalitas**

	Tot 1 (X1)	Tot 2 (X2)
Chi- kuadrat	10,800	16,667
Derajat Kebebasan (df)	8	14
Signifikansi	0,213	0,274

Analisis (semua alpha 5%):

1. Chi-kuadrat hitung  $X1 = 10,800$ ; Chi-kuadrat tabel = 15,5; Chi-kuadrat hitung  $<$  chi-kuadrat tabel, maka  $H_0$  diterima.
2. Chi-kuadrat hitung  $X2 = 16,667$ ; Chi-kuadrat tabel = 23,7; Chi-kuadrat hitung  $<$  chi-kuadrat tabel, maka  $H_0$  diterima.
3. Probabilitas  $X1 = 0,213 > 0,05$ , maka  $H_0$  diterima. Probabilitas  $X2 = 0,274 > 0,05$ , maka  $H_0$  diterima.

Untuk pelayanan parkir di Bandung Supermall ternyata berdistribusi seragam/normal. Dari hasil pengujian di atas terlihat bahwa distribusi yang ada seragam. Tentunya hal ini tidak sesuai seperti asumsi awal penelitian, yakni populasi yang ada bersifat heterogen. Populasi yang homogen maksudnya adalah responden yang dilibatkan dalam penelitian hanya terdiri dari satu kriteria saja, tetapi sesuai dengan kebutuhan penelitian.

#### **4.3.2 Perhitungan Berdasarkan Nilai Rata-rata**

Perhitungan dilakukan dengan membandingkan jumlah keseluruhan skor pada masing-masing variabel dengan total responden yang ada. Masing-masing jawaban diberi skor tersendiri dimana untuk tingkat kepentingan peningkatan kualitas nilai rata-rata variabel ( $r_i$ ) memiliki arti, yaitu:  $r_i \leq 1$  = Sangat penting sekali,  $1 < r_i \leq 2$  = Penting sekali,  $2 < r_i \leq 3$  = Penting,  $3 < r_i \leq 4$  = Cukup penting,  $4 < r_i \leq 5$  = Tidak penting

Perhitungan kualitas pelayanan parkir di Bandung Supermall dengan menggunakan nilai rata-rata setiap variabel dapat dilihat pada Tabel 24.

**Tabel 24. Hasil Perhitungan Tingkat Kepentingan Rata-rata Setiap Variabel untuk Kualitas Pelayanan Parkir di Bandung Supermall**

Elemen yang diteliti	Variabel	Tingkat Kepentingan rata-rata variabel	Peringkat berdasarkan elemen yang diteliti	Peringkat secara keseluruhan
Kemudahan parkir	B1	3,444	1	13
	B2	3,067	2	15
Kinerja petugas parkir	C3	4,200	1	2
	C4	3,778	2	10
Geometrik ruang parkir	C5	3,978	2 1 3	5
	C6	4,000		4
	C7	3,933		7
	C8	4,111	2	3
Keamanan	C9	4,311	1	1
	C10	3,956	3	6
	C11	3,422	4	14
	C12	3,867	1	8
Kenyamanan	C13	3,644	2	11
	C14	3,622	3	12
Tarif parkir	C15	3,822	1	9

Ternyata responden merasakan kualitas keamanan parkir di Bandung Supermall merupakan pelayanan parkir yang paling memuaskan, khususnya pada saat keluar dengan pemeriksaan karcis parkir dan disesuaikan dengan kendaraan dengan nilai kepentingan rata-rata sebesar 4,311.

Elemen kemudahan parkir menempati peringkat terakhir, khususnya dalam hal berputar-putar karena kesulitan mendapatkan tempat parkir dengan tingkat kepentingan rata-rata sebesar 3,067.

## 5. KESIMPULAN

1. Melalui dua buah pengujian, maka instrumen penelitian yang berupa angket teruji nilai kevaliditasan dan reliabilitasnya, artinya adalah semua data yang diinginkan berkaitan

dengan pelayanan parkir telah terangkum di dalam angket dan apabila dipakai berulang kali pada waktu yang berbeda, hasil yang didapatkan masih konsisten.

2. Hasil pengujian normalitas data memperlihatkan bahwa populasi seragam dan tidak ada batasan tertentu mengenai frekuensi berkunjung seseorang ke pusat perbelanjaan untuk menggunakan jasa pelayanan parkir.
3. Pada dasarnya kualitas pelayanan parkir di pusat perbelanjaan sudah cukup baik, hal ini terbukti melalui hasil perhitungan nilai rata-rata elemen yang diuji bahwa besar tingkat kepentingan rata-rata variabel berada di atas angka
4. Pada umumnya para pelanggan sudah merasa cukup puas dengan kualitas pelayanan parkir di pusat perbelanjaan, tetapi mereka masih menganggap kualitas pelayanan tersebut cukup penting untuk ditingkatkan terutama dalam segi kemudahan parkir yang menempati peringkat terakhir dalam elemen pelayanan.

## REFERENSI

1. Anwar, A., (1999), *Pengenalan Ilmu Teknik Lalu Lintas*, Diktat Kuliah, Jurusan Teknik Sipil Politeknik Institut Teknologi Bandung, Bandung.
2. Departemen Perhubungan, (1998), *Pedoman Perencanaan dan Pengoperasian Fasilitas Parkir*, Direktorat Bina Sistem lalu Lintas Angkutan Kota, Direktorat Jenderal Perhubungan Darat, Jakarta.
3. Nasution, (1982), *Metode Research*, Jemmars, Jakarta.
4. Singarimbun, M., Effendi, S., (1989), *Metode Penelitian Survei*, LP3ES, Yogyakarta.
5. Sugiyono, (2002), *Statistika untuk Penelitian*, CV Alfabeta, Bandung.
6. Yudhistira, B.S., (2003), *Jasa Pelayanan Parkir Valet*, Tugas Akhir JTS FT UGM.

# MODEL PLASTISITAS MOHR-COULOMB, DRUCKER-PRAGER, CAM-CLAY, DAN CAP BERDASARKAN KONSEP *CRITICAL STATE*

**Andrias Suhendra Nugraha**

Jurusan Teknik Sipil, Universitas Kristen Maranatha  
Jl. Prof. drg. Soeria Sumantri MPH. No. 65, Bandung, 40164  
telp. (022) 2012186, fax. (022) 2017622

## ABSTRAK

Semua jejak lintasan sejarah pembebanan pada tanah akan berakhir dan runtuh menuju pada suatu garis yang dikenal sebagai *critical state line*. Di luar *boundary surface*, tidak mungkin dijumpai jejak pembebanan tanah. Jejak lintasan tanah pada umumnya adalah elastoplastis. Jejak pembebanan pada bidang *elastic wall* hingga interseksi bidang tersebut bidang *drained* atau *undrained* merupakan perilaku elastis dari tanah. Keluar dari *yield line*, perilaku tanah menjadi plastis hingga menuju *boundary surface* dan berakhir di *critical state line*. Tulisan ini hendak menjabarkan mengenai beberapa model plastisitas yang dapat digunakan untuk memberi gambaran mengenai fenomena plastis pada tanah. Model yang akan dibahas adalah Mohr-Coulomb, Drucker-Prager, Cam-Clay, dan CAP model. Beberapa parameter, cara memperoleh parameter, serta keuntungan dan kelebihan pada model-model tersebut juga dicoba dijabarkan. Studi kasus dilakukan pada tanah lempung Universitas Kristen Maranatha Bandung dengan data hasil pengujian *triaxial compression consolidated undrained*. Data hasil penyelidikan tersebut digunakan untuk mendapatkan parameter-parameter tanah yang diperlukan dalam model-model plastisitas yang dibahas, serta memberi keterangan yang diperlukan sebagai interpretasi hasil dari kurva yang dihasilkan.

Kata kunci: *Critical state line*, Mohr-Coulomb, Drucker-Prager, Cam-Clay, CAP

## ABSTRACT

All stress path of the soil will be end and failure occurred at the critical state line. Out of boundary surface, it is impossible to find stress path. In general, soil stress path is elastoplastic. Stress path on elastic wall plane until its intersection, drained and undrained are elastic behavior of the soil. Out of yield line, soil behavior become plastic until reached boundary surface and finally end at critical state line. This paper will describe about plasticity model which is we can used to give a view of plastic phenomena of the soil. The models are Mohr-Coulomb, Drucker-Prager, Cam-Clay and Cap model. Soil parameters, method to predict soil parameters, advantage and disadvantage of the models will be describe too. The case study used clay in Universitas Kristen Maranatha Bandung with triaxial compression consolidated undrained test data. Data from soil exploration is used to have soil parameters which used in plasticity models and curves interpretation.

Key words: *Critical state line*, Mohr-Coulomb, Drucker-Prager, Cam-Clay, CAP

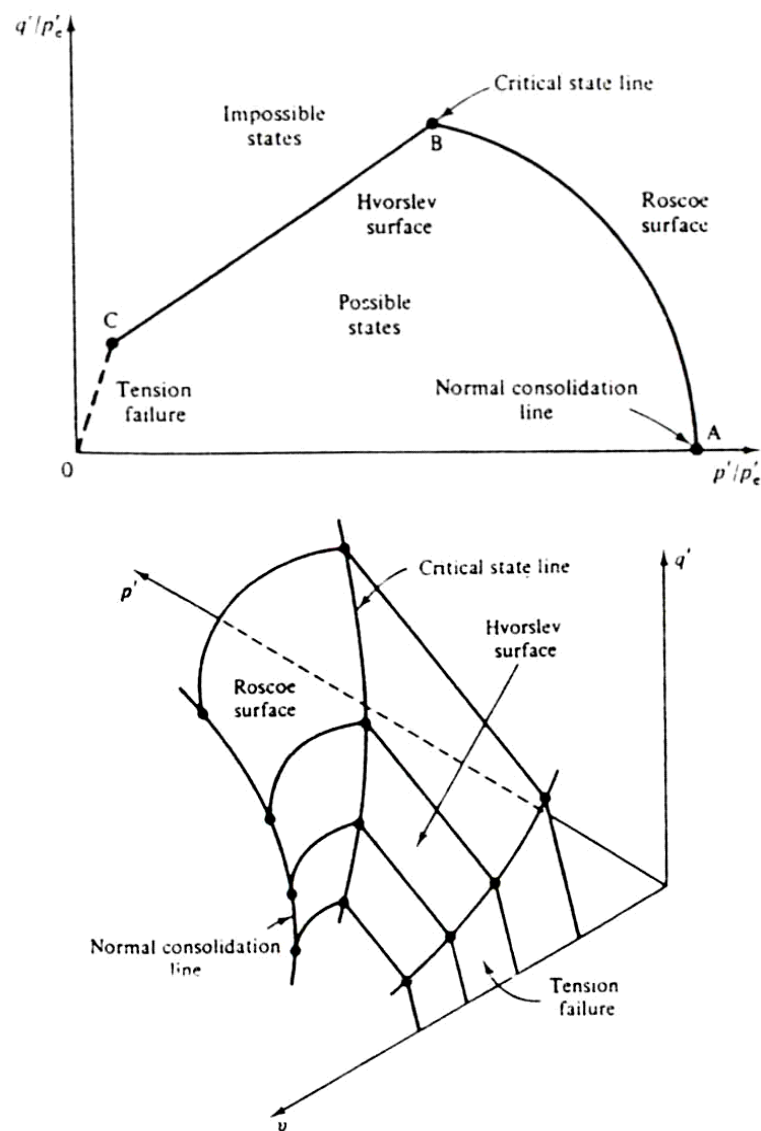
## 1. PENDAHULUAN

Semua jejak lintasan sejarah pembebanan pada tanah akan mengikuti *boundary surface*, Roscoe dan Hvorslev *surface*, hingga berakhir runtuh menuju pada suatu garis yang

dikenal sebagai *critical state line*. Di luar *boundary surface*, tidak mungkin dijumpai jejak pembebanan tanah. *Boundary surface* yang dimaksud, dapat dilihat pada Gambar 1.

Jejak lintasan tanah pada umumnya adalah elastoplastis. Jejak pembebanan pada bidang *elastic wall* hingga interseksi bidang tersebut bidang *drained* atau *undrained* merupakan perilaku elastis dari tanah. Interseksi tersebut dikenal sebagai *yield line*. Regangan yang terjadi dibawah *yield line* adalah regangan elastis.

Jika beban dihentikan, regangan akan kembali ke awal tanpa ada perpindahan tetap. Bila jejak lintasan pembebanan keluar dari *yield line*, perilaku tanah menjadi plastis hingga menuju *boundary surface* dan berakhir di *critical state line*. Regangan yang terjadi adalah regangan plastis.



**Gambar 1. Roscoe dan Hvorslev Surface**

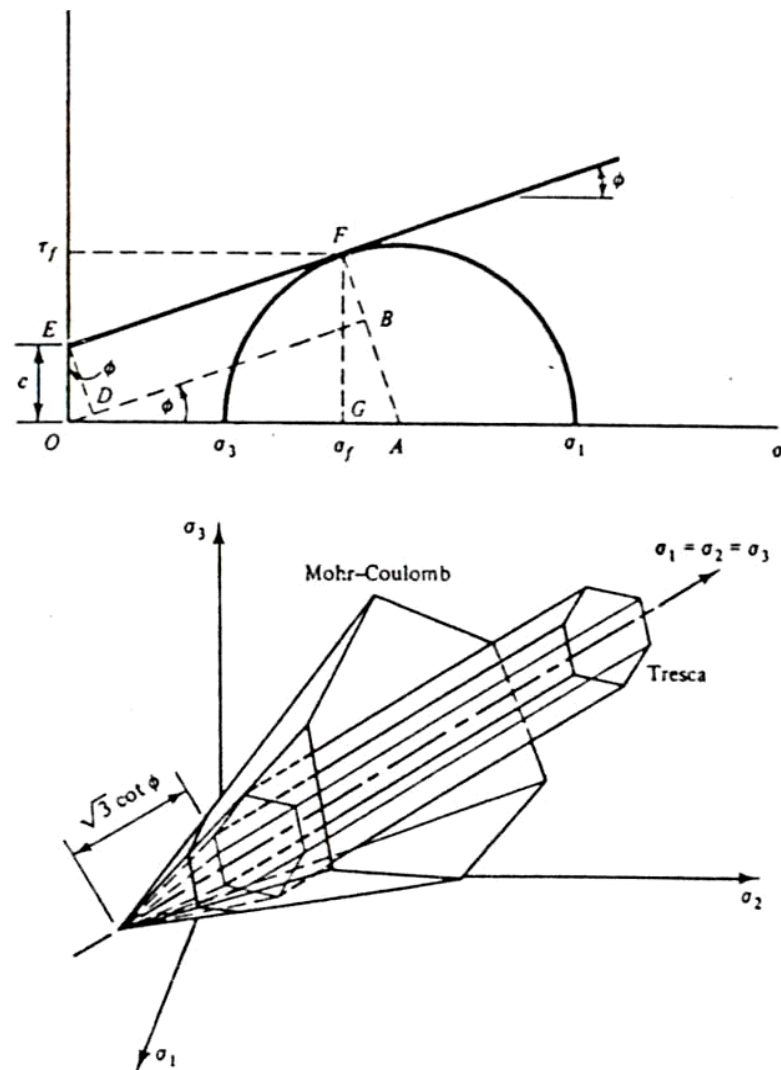


## 2. METODOLOGI

Tulisan ini hendak menjabarkan mengenai beberapa model plastisitas yang dapat digunakan untuk memberi gambaran mengenai fenomena plastis pada tanah. Model yang akan dibahas adalah Mohr-Coulomb, Drucker-Prager, Cam-Clay, dan CAP model. Beberapa parameter, cara memperoleh parameter, serta keuntungan dan kelebihan pada model-model tersebut juga dicoba dijabarkan.

Kriteria keruntuhan Mohr-Coulomb secara ringkas dapat digambarkan dalam lingkaran Mohr seperti nampak pada Gambar 2. Kekuatan geser pada tanah meningkat seiring dengan meningkatnya tegangan normal pada bidang runtuh,

$$\tau = c + \sigma \tan \phi \quad (1)$$



Gambar 2. Model Mohr-Coulomb

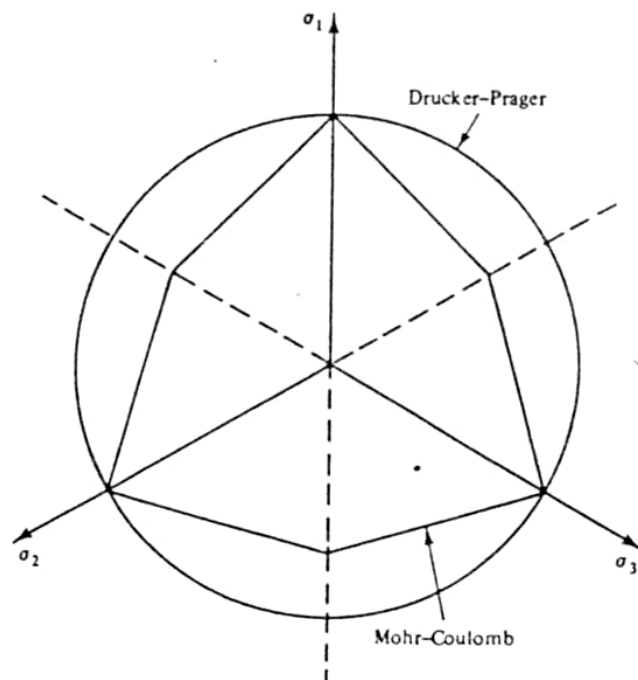
Konsep lingkaran Mohr dapat digunakan untuk menyatakan criteria keruntuhan berdasarkan *principal stress*. Namun sayangnya, criteria Mohr-Coulomb mengabaikan efek dari *intermediate principal stress*. *Yield strength* pada kasus tekan, lebih besar daripada pada kasus tarik. Pada criteria ini, sulit digambarkan suatu *state of stress* tiga-dimensi yang umum yang dapat didefinisikan oleh 6 komponen vektor tegangan.

Cara memperoleh parameter cukup dengan memperoleh minimum dua hasil pengujian dari *conventional triaxial compression test* dengan benda uji berbentuk silinder.

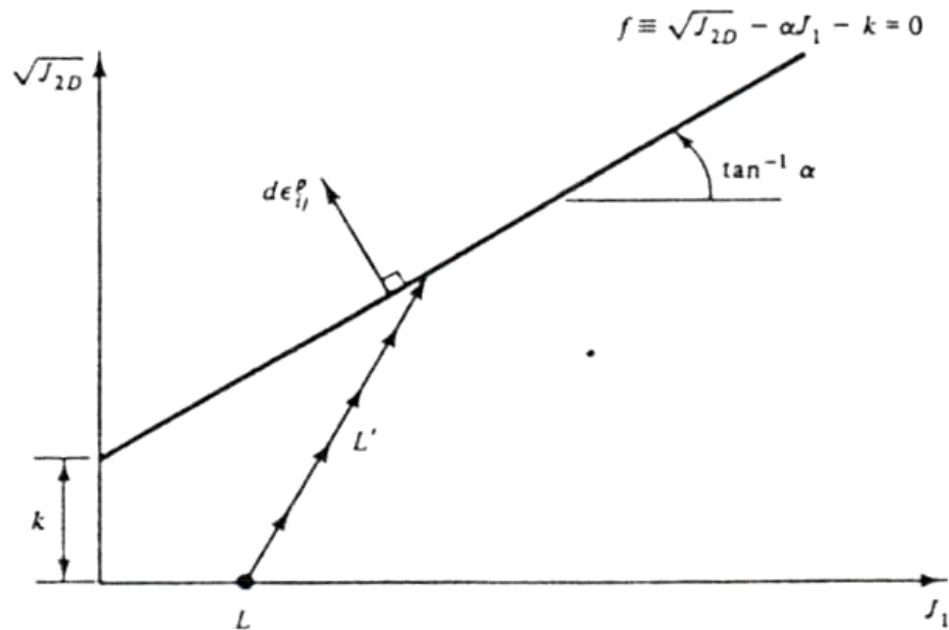
Model Drucker-Prager agak sedikit berbeda dengan model Mohr-Coulomb. Perbedaan ini dapat dilihat pada Gambar 3. Secara umum model Drucker-Prager dapat dijelaskan melalui kurva seperti nampak pada Gambar 4. Suatu fungsi leleh,  $f$ , dinyatakan sebagai

$$f = (J_{2D})^{1/2} - \alpha J_1 - k \quad (2)$$

dimana  $\alpha$  dan  $k$  adalah parameter material positif,  $J_1$  adalah invarian pertama dari tensor tegangan, dan  $J_{2D}$  adalah invarian kedua dari tensor tegangan deviatorik.



**Gambar 3. Perbandingan Mohr-Coulomb dan Drucker-Prager**



**Gambar 4. Drucker-Prager**

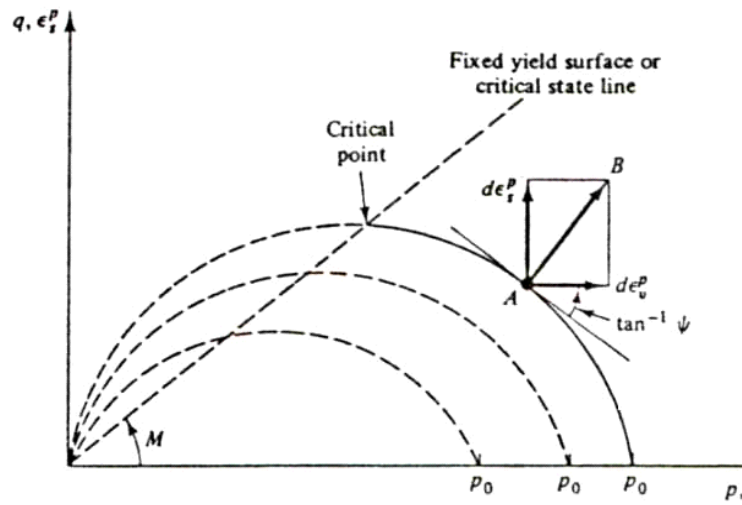
Keuntungan model Drucker-Prager adalah sudah memperhitungkan seluruh *principal stress*. Adapun limitasi dari model ini adalah bahwa tidak *applicable* untuk tanah lempung *normally consolidated* dan tanah pasir lepas (*loose*).

Cara mendapatkan parameter ini adalah dengan tes laboratorium dalam bentuk *conventional triaxial device*, *plane strain device*, atau *truly triaxial device*.

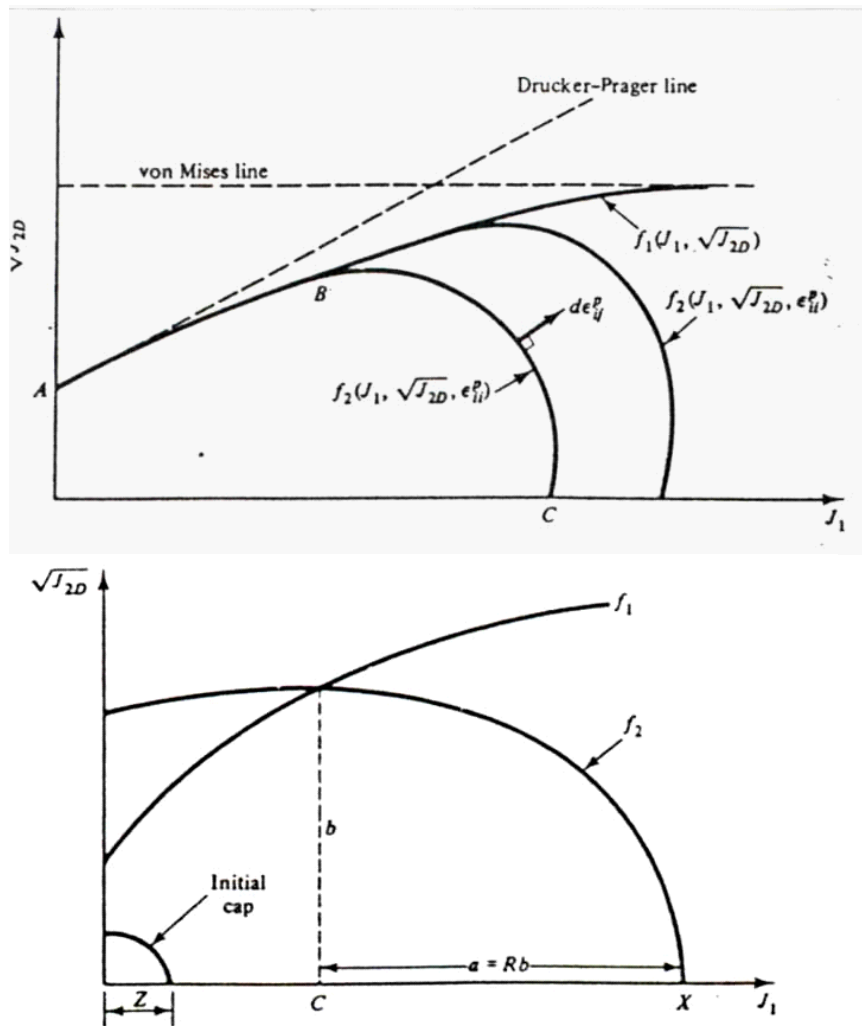
Cam-Clay model didasarkan pada konsep *critical state*. Parameter yang digunakan dalam  $p$ ,  $q$ , dan  $e$ . Didefinisikan suatu bidang yang disebut dengan *elastic wall*, yang merupakan bidang tegak lurus vertikal di atas garis *swelling line* hingga mencapai permukaan *boundary surface*, Roscoe dan Hvorslev *surface*.

Jejak pembebanan pada bidang *elastic wall* hingga interseksi bidang tersebut bidang *drained* atau *undrained* merupakan perilaku elastis dari tanah. Interseksi tersebut dikenal sebagai *yield line*. *Yield line* pada kasus model Cam-Clay dapat dilihat pada Gambar 5. Regangan yang terjadi dibawah *yield line* adalah regangan elastis.

Jika beban dihentikan, regangan akan kembali ke awal tanpa ada perpindahan tetap. Bila jejak lintasan pembebanan keluar dari *yield line*, perilaku tanah menjadi plastis hingga menuju *boundary surface* dan berakhir di *critical state line*. Regangan yang terjadi adalah regangan plastis.



Gambar 5. Cam-clay



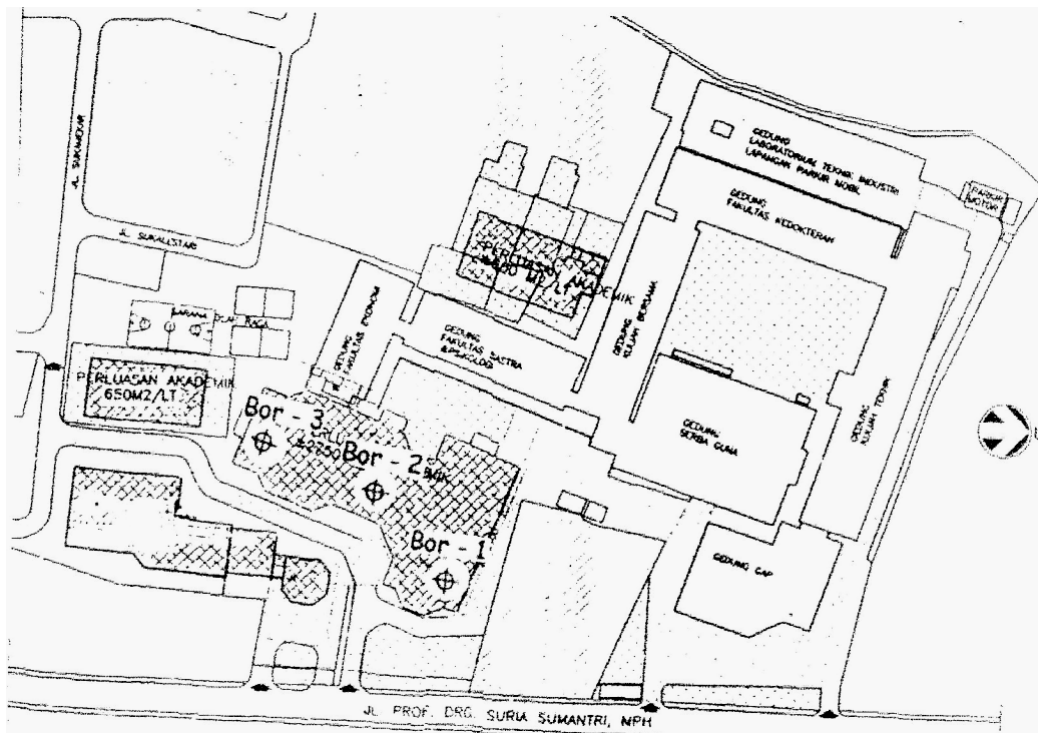
Gambar 6. CAP model

Model CAP didasari oleh konsep *continuous yielding* dari tanah, dan dinyatakan dalam *state of stress* tiga-dimensi, diformulasikan berdasarkan prinsip *consistent mechanics*. Model CAP diperoleh dari bentuk *elliptical yield surface* yang menyerupai *caps*.

Perbedaan antara model Cam-Clay dan CAP dapat dicermati pada Gambar 6. Pada Cam-Clay model, *moving cap* memainkan peran utama dalam mendefinisikan leleh, dan *fixed yield surface* digunakan untuk mendefinisikan *critical state*. Pada model CAP, baik *fixed* maupun *moving surface* digunakan untuk mendefinisikan proses kelelahan. Cara mendapatkan parameter adalah dengan melakukan pengujian *conventional (cylindrical) triaxial* dan *conventional consolidation test*. Baik model Cam Clay dan CAP, dapat digunakan untuk menggambarkan perilaku material dibawah semua kondisi yang berarti dan semua jejak tegangan.

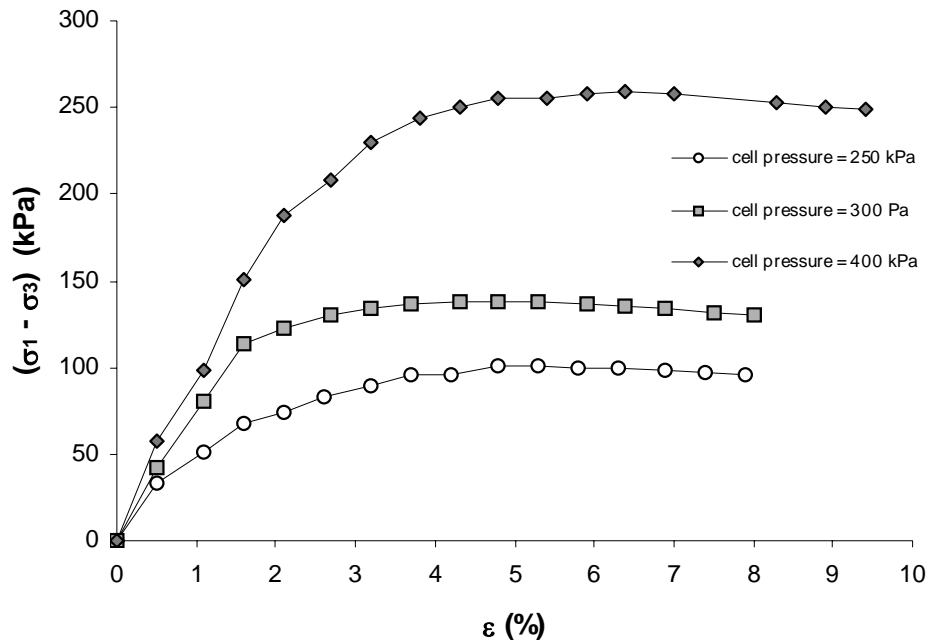
### 3. STUDI KASUS

Model yang akan dibahas pada studi kasus ini adalah model Mohr-Coulomb dan Drucker-Prager. Studi kasus dilakukan pada *sample* tanah pada proyek pembangunan gedung kampus Universitas Kristen Maranatha Bandung, Jalan Prof. Drg. Surya Sumantri 65 Bandung. Sampel tanah diperoleh dari titik pengeboran yang nampak pada Gambar 7. Kedalaman tanah diambil 1,45-2.00 m.



**Gambar 7. Lokasi pengeboran pengambilan sampel tanah di UK. Maranatha**

Pengujian geser yang dilakukan adalah uji *triaxial consolidated undrained*. Data diperoleh dari Laporan Penyelidikan Tanah dari PT. Nasuma Putra, Consulting Engineers yang menangani penyelidikan tanah di proyek tersebut. Hasil pengujian triaxial compression dinyatakan dalam kurva  $(\sigma_1' - \sigma_3') - \varepsilon$  yang ditunjukkan pada Gambar 8.



Gambar 8.  $(\sigma_1' - \sigma_3') - \varepsilon$

#### 4. PEMBAHASAN

Untuk menggambarkan model Mohr-Coulomb diperlukan parameter tanah yang ditunjukkan pada Tabel 1.

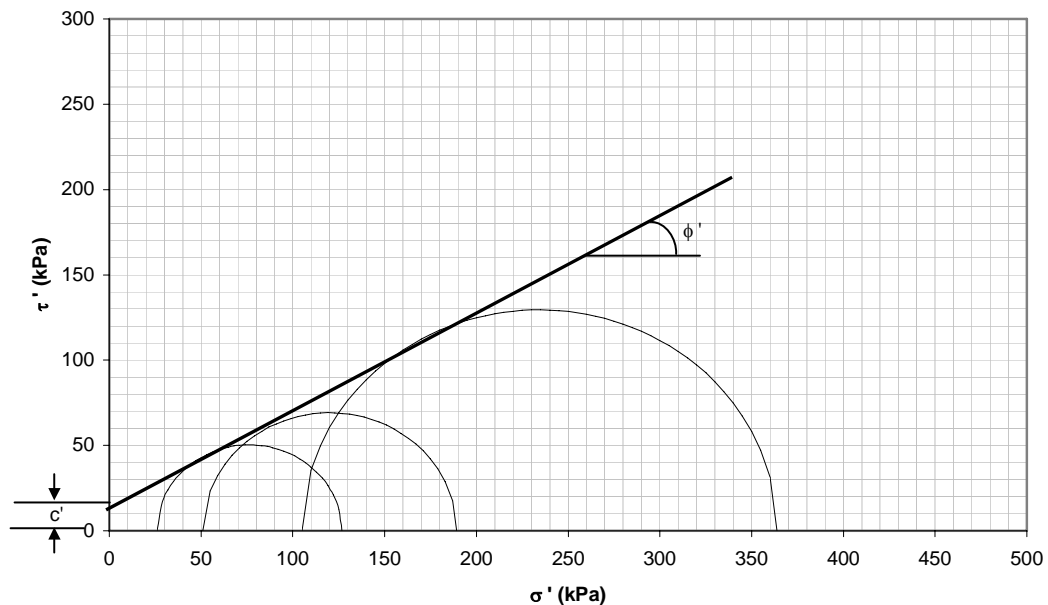
Tabel 1. Parameter tanah untuk penggambaran model Mohr-Coulomb

Test	$\sigma_3 = \sigma_c$ (kPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3)_f = (\sigma_1' - \sigma_3')_f$ (kPa)	$u_f$ (kPa)	$\sigma_3'$ (kPa)	$\sigma_1'$ (kPa)
1	250	100.61	224	26.00	126.61
2	300	138.27	249	51.00	189.27
3	400	258.84	295	105.00	363.84

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan parameter pada Tabel 1 adalah sebagai berikut:

$$\sigma' = \sigma - u \quad (3)$$

Model Mohr-Coulomb dapat dilihat pada Gambar 9. Dari hasil perhitungan diperoleh parameter kuat geser tanah yaitu,  $\phi' = 29^\circ$  dan  $c' = 15$  kPa.



**Gambar 9. Model Mohr-Coulomb**

Untuk menggambarkan model Drucker-Pruger diperlukan parameter tanah yang ditunjukkan pada Tabel 2.

**Tabel 2. Parameter tanah untuk penggambaran model Drucker-Pruger**

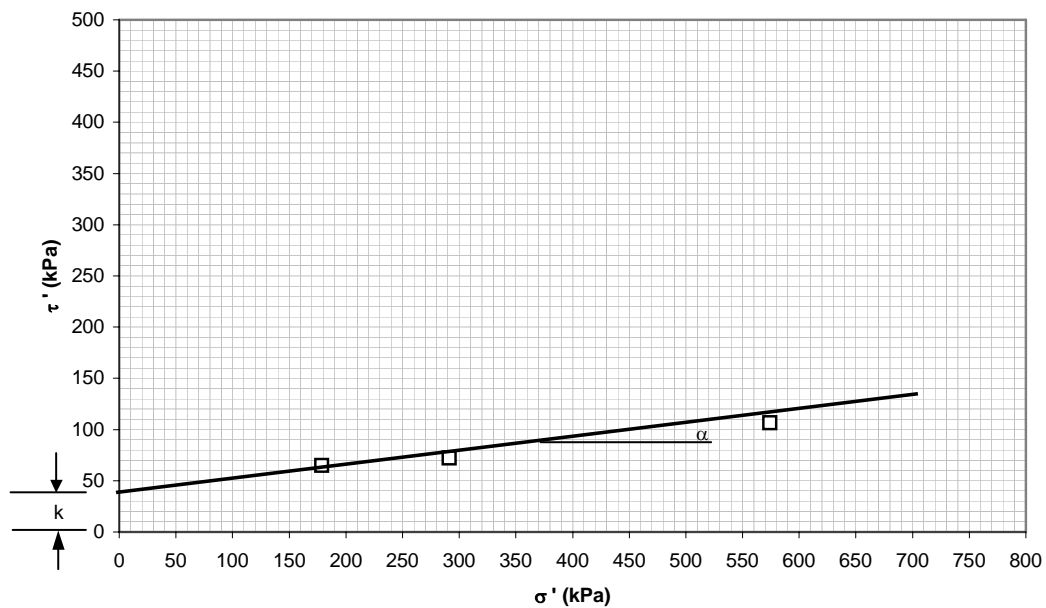
Test	$\sigma_2 = \sigma_3$ (kPa)	$(\sigma_1 - \sigma_3)_f = (\sigma_1' - \sigma_3')_f$ (kPa)	$u_f$ (kPa)	$\sigma_2' = \sigma_3'$ (kPa)	$\sigma_1'$ (kPa)	$\sqrt{J_{2D}}$ (kPa)	$J_1$ (kPa)
1	250	100.61	224	26.00	126.61	65.00	178.61
2	300	138.27	249	51.00	189.27	72.32	291.27
3	400	258.84	295	105.00	363.84	106.70	573.84

Persamaan yang digunakan untuk mendapatkan parameter pada Tabel 2 adalah sebagai berikut :

$$J_{2D} = \frac{1}{6} [(\sigma_1 - \sigma_2)^2 + (\sigma_2 - \sigma_3)^2 + (\sigma_3 - \sigma_1)^2] \quad (4)$$

$$J_1 = \sigma_1 + \sigma_2 + \sigma_3 \quad (5)$$

Model Drucker-Pruger dapat dilihat pada Gambar 10. Dari hasil perhitungan diperoleh parameter kuat geser tanah yaitu,  $\alpha = 8^\circ$  dan  $k = 40$  kPa.



**Gambar 10. Model Drucker-Pruger**

## 5. KESIMPULAN

Parameter tanah yang diperoleh dari studi kasus pada tanah lempung dengan model Mohr-Coulomb diperoleh parameter kuat geser tanah,  $c = 15$  kPa dan  $\phi' = 29^\circ$  sedangkan dengan model Drucker-Pruger diperoleh  $k = 40$  kPa dan  $\alpha = 8^\circ$ .

## REFERENSI

1. Atkinson, J.H., Bransby, P.L., (1978), *The Mechanics of Soil, An Introduction to Critical State Soil Mechanics*, McGraw-Hill, London.
2. Desai, C.S., Siriwardane, H.J., (1984), *Constitutive Laws for Engineering Materials, with Emphasis on Geologic Materials*, Prentice-Hall, New Jersey.
3. Nasuma Putra, P.T., Consulting Engineers, (2003), *Laporan Penyelidikan Tanah Universitas Kristen Maranatha*, Bandung.



## INDEKS PENGARANG JURNAL TEKNIK SIPIL VOLUME 3

Alfredo Satyanaga Nio. *Characteristics of Pore-Water Pressure Response In Slopes During Rainfall*. Vol 3. No. 1 April 2007: 1-13

Andrias Suhindra Nugraha. *Model Plastisitas Mohr-Coulomb Drucker-Prager, Cam-Clay, dan Cap Berdasarkan Konsep Critical State*. Vol 3. No. 2 Oktober 2007: 194-

Arusmalem Ginting. *Kajian Balok Beton Styrofoam Ringan Dengan Tulangan Menyebar*. Vol 3. No. 2 Oktober 2007: 127-140

Arusmalem Ginting. *Pengaruh Kadar Air dan Jarak Antar Paku Terhadap Kekuatan Sambungan Kayu Kelapa*. Vol 3. No. 1 April 2007: 28-40

Budi Hartanto Susilo, Apriyanto Loentan. *Alternatif Pemecahan Masalah Pada Simpang Tiga Kariangau - Soekarno Hatta KM 5.5, Balikpapan Ditinjau Pada Kondisi Geometrik*. Vol 3. No. 1 April 2007: 75-91

Hendrata Wibisana. *Studi Hubungan Arus Lalu Lintas di Ruas Jalan Rungkut Asri Kota Madya Surabaya dengan Metode Underwood*. Vol 3. No. 2 Oktober 2007: 103-112

Maksum Tanubrata. *Fire Safety Design in Building*. Vol 3. No. 1 April 2007: 41-53

Maksum Tanubrata, Merianti Elisabeth H.. *Studi Prosedur Pelelangan Pengadaan Jasa Consultan pada Proyek Pemerintah Menurut KEPPRES No. 80 Tahun 2003*. Vol 3. No. 2 Oktober 2007: 141-157

Olga Pattipawaej, Budiarto. *Respon Struktur Dua Derajat Kebebasan dengan Kekakuan Sebagai Parameter Ketidakpastian*. Vol 3. No. 1 April 2007: 14-27

Rini Iskandar. *Kajian Sick Building Syndrome (Studi Kasus: Sick Building Syndrome pada Gedung "X" di Jakarta)*. Vol 3. No. 2 Oktober 2007: 158-173

Robby Gunawan Yahya. *Studi Permodelan Bangkitan Perjalanan di Perkotaan*. Vol 3. No. 1 April 2007: 92-100

Tan Lie Ing, Arie Hadian Yanuardi. *Tinjauan Kepuasan Pelanggan Terhadap Kualitas Pelayanan Parkir Basement di Pusat Perbelanjaan Bandung Supermall*. Vol 3. No. 2 Oktober 2007: 174-193

Tan Lie Ing, Indra Rachman Efendi. *Evaluasi Kinerja Jalan Jendral Ahmad Yani Depan Pasar Kosambi Bandung*. Vol 3. No. 1 April 2007: 54-74

Yohanes Lim D.A., Dhimas Lazuhardy P.. *Analisis Resources Leveling Tenaga Kerja*. Vol 3. No. 2 Oktober 2007: 113-126

Redaksi mengucapkan terima kasih kepada:  
**Alm. Prof. Ir. Bambang Ismanto S., M.Sc., Ph.D.**

Sebagai **MITRA BESTARI**

Pada tulisan ilmiah berjudul  
“Studi Hubungan Arus Lalu Lintas Di Ruas Jalan Rungkut Asri  
Kota Madya Surabaya Dengan Metode Underwood”,  
penulis Hendrata Wibisana

***”Jawab Yesus: Akulah kebangkitan dan hidup; barang siapa percaya kepada-Ku,  
ia akan hidup walaupun ia sudah mati” (Yohanes 11 : 25)***

Redaksi Jurnal Teknik Sipil Universitas Kristen Maranatha  
mengucapkan Turut Berduka Cita yang sedalam-dalamnya,  
telah kembali ke Rumah Bapa di Surga pada hari Kamis, 18 Oktober 2007,  
MITRA BESTARI kami yang terkasih:

**Prof. Ir. Bambang Ismanto S., M.Sc., Ph.D.**

Semoga Keluarga yang ditinggalkan diberikan ketabahan. Amin.

## **PEDOMAN PENULISAN JURNAL TEKNIK SIPIL UNIVERSITAS KRISTEN MARANATHA**

1. Jurnal Teknik Sipil UKM merupakan jurnal ilmiah, hasil penelitian, atau studi literatur disertai analisis ilmiah dalam bidang teknik sipil.
2. Tulisan harus asli dan belum pernah dipublikasikan sebelumnya, dikirim dengan mencantumkan kelompok bidang keahlian dalam teknik sipil.
3. Apabila pernah dipresentasikan dalam seminar, agar diberi keterangan lengkap.
4. Naskah ditulis dalam bahasa Indonesia atau bahasa Inggris yang benar, singkat, jelas dilengkapi dengan abstrak dan kata kunci dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris.
5. Naskah ditulis pada kertas A4, menggunakan Microsoft® Word dengan ketentuan sebagai berikut :
  - a. Judul ditulis dengan huruf kapital, **TIMES NEW ROMAN**, ukuran 13, huruf tebal.
  - b. Abstrak ditulis dengan huruf biasa, Times New Roman, ukuran 10, spasi 1, demikian juga dengan kata kunci.
  - c. Isi naskah ditulis dengan huruf biasa, Times New Roman, ukuran 11, spasi 1.5.
  - d. Jumlah halaman beserta lampiran minimal 10 halaman, maksimal 20 halaman.
  - e. Jumlah halaman untuk lampiran maksimal 20% dari jumlah halaman total.
  - f. Nama penulis ditulis tanpa pencantuman gelar akademik.
  - g. Penulisan sub bab disertai nomor, contoh :
    - 1. HURUF KAPITAL**
    - 1.1 Huruf Biasa**
  - h. Gambar diberi nomor dan keterangan gambar ditulis dibawah gambar.
  - i. Tabel diberi nomor dan keterangan tabel ditulis diatas tabel.
  - j. Daftar pustaka ditulis dengan format sebagai berikut :
    1. Timoshenko, S.P, Young, D.H., (1995). *Theory of Structures*, McGraw Hill Book Co, New York.
  - k. Kata-kata asing ( jika naskah ditulis dalam bahasa Indonesia ) dicetak *miring*.
6. Menggunakan sistematika penulisan sebagai berikut :
  - a. Judul Naskah.
  - b. Nama penulis utama, penulis pembantu.
  - c. Abstrak dalam bahasa Indonesia dan bahasa Inggris.
  - d. Kata kunci.
  - e. Pendahuluan ( berisi latar belakang, tujuan, ruang lingkup, dan metodologi ).
  - f. Isi ( tinjauan pustaka ).
  - g. Studi Kasus ( data, studi kasus, dan pembahasan )
  - h. Penutup ( kesimpulan, saran, dan daftar pustaka ).
7. Naskah dapat dikirim dalam bentuk cetak di kertas A4 beserta *file* dalam CD-ROM, atau dapat dikirim dalam bentuk *file* via E-mail.
8. Naskah yang masuk redaksi akan ditinjau oleh penelaah ahli dalam bidangnya sebelum diterbitkan.
9. Jurnal direncanakan terbit 2x dalam setahun pada bulan April dan Oktober.